



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA INGENIERÍA EN INFORMÁTICA Y SISTEMAS
COMPUTACIONALES

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**“DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN MÓVIL PARA EL
MONITOREO DEL ESTADO DE CRECIMIENTO DEL MAÍZ
AMARILLO EN LA SIERRA CENTRO MEDIANTE LA MEDICIÓN DE
LA ALTURA Y DIÁMETRO DE TALLO”**

Proyecto de investigación presentado previo a la obtención del título de Ingenieros en
Informática y Sistemas Computacionales

AUTORES:

Llumiyinga Añarumba Bryan Stalin

Tocagon Espinosa Leslie Isela

TUTORA:

Mg. Cantuña Flores Karla Susana

LATACUNGA – ECUADOR

MARZO 2022



Ingeniería
Informática Y Sistemas
Computacionales

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, Llumiquinga Añarumba Bryan Stalin y Tocagon Espinosa Leslie Isela, declaramos ser los autores del presente proyecto de Investigación: “Desarrollo de una aplicación móvil para el monitoreo del estado del crecimiento del maíz amarillo en la Sierra centro mediante la medición de la altura y el diámetro del tallo”, siendo Mg. Cantuña Flores Karla Susana, tutora del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Leslie Isela Tocagon Espinosa

C.I: 1003988589

Bryan Stalin Llumiquinga Añarumba

C.I: 0550570139



Ingeniería
Informática Y Sistemas
Computacionales

AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

“Desarrollo de una aplicación móvil para el monitoreo del estado de crecimiento del maíz amarillo en la sierra centro mediante la medición de la altura y diámetro de tallo”, de Llumiquinga Añarumba Bryan Stalin y Tocagon Espinosa Leslie Isela, de la carrera Ingeniería en informática y sistemas computacionales, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la ingeniería y aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, Marzo, 2022

El Tutor

Mg. Cantuña Flores Karla Susana

C.I: 0502305113



Ingeniería
Informática Y Sistemas
Computacionales

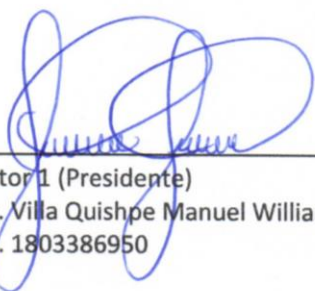
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la FACULTAD de ciencias de la ingeniería y aplicadas; por cuanto, el o los postulantes: Tocagon Espinosa Leslie Isela y Llumiquinga Añarumba Bryan con el título de Proyecto de titulación: "Desarrollo de una aplicación móvil para el monitoreo del estado del crecimiento del maíz amarillo en la Sierra centro mediante la medición de la altura y el diámetro del tallo", han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, Marzo, 2022

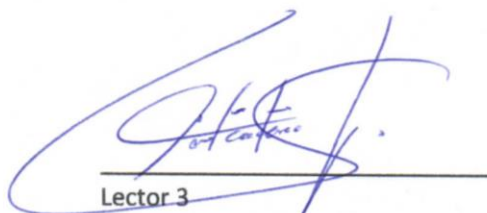
Para constancia firman:



Lector 1 (Presidente)
Mg. Villa Quishpe Manuel William
C.C. 1803386950



Lector 2
Mg. Medina Matute Víctor Hugo
C.C.0501373955



Lector 3
Dr. Cadena Moreano José Augusto
C.C.0501552798

AGRADECIMIENTO

Dios, tu amor y bondad no tienen fin, me permites sonreír ante todos mis logros que son el resultado de tu ayuda, muchas etapas de mi vida han culminado y esta es una de ellas, es por eso que quiero dejar constancia de agradecimiento a mi Padre, Hermanos, familiares, que siempre confiaron en mí y me brindaron su apoyo incondicional para seguir adelante en mi propósito.

Este trabajo de tesis ha sido una gran bendición en todo sentido y te lo agradezco Padre, y no cesan mis ganas de decir que es gracias a ti que este logro académico está cumplido.

Llumiyinga Bryan

DEDICATORIA

Con mucho cariño quiero expresar mi gratitud a un ser celestial que es Dios.

A mi padre Alejandro por ser el pilar principal en mi vida, con mucho cariño y amor, le dedico todo mi esfuerzo, en reconocimiento a todo el sacrificio puesto para que yo pueda estudiar, sin su apoyo no lo hubiese logrado, a lo largo de mi vida su bendición me protege a diario Padre mío es por eso que le doy mi trabajo en ofrenda por su paciencia y amor.

A mis hermanos Paul, Jhonatan, Lisbeth que me brindaron su cariño incondicional a lo largo de este proceso, han sido mi soporte para llegar a obtener este logro dándome motivación, consejos y palabras de ánimos.

Los amo.

Llumiyinga Bryan

AGRADECIMIENTO

Primeramente, doy gracias a Dios y a la Virgen que me han dado salud y vida para poder llegar hasta aquí, gracias por haberme guiado en este camino y no permitir que me desvié.

A mis padres que siempre estuvieron apoyándome, me aconsejaron y me inspiraron para seguir adelante, agradezco también a mis hermanos y familia porque desde el primer día me mostraron su apoyo incondicional y me dieron un motivo más para llegar hasta el final, todos y cada uno de ellos me brindo cariño en todo momento no dejaron que me sienta sola y triste a pesar de la distancia me hicieron sentir protegida.

Tocagon Leslie

DEDICATORIA

Por haberme dado la oportunidad de llegar hasta esta etapa de mi vida, por cuidarme y no permitir que nada me pase, este proyecto de tesis a Dios y a la Virgen.

A mi mamá y papá porque estuvieron conmigo dándome fuerzas para seguir, motivándome a superarme y a cumplir mis sueños, a mis hermanos y familia que me apoyaron para seguir con formación académica.

Tocagon Leslie

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TITULO: “Desarrollo de una aplicación móvil para el monitoreo del estado de crecimiento del maíz amarillo en la sierra centro mediante la medición de la altura y diámetro de tallo”

Autores:

Llumiquina Añarumba Bryan Stalin

Tocagon Espinosa Leslie Isela

RESUMEN

El presente proyecto de investigación analiza diferentes técnicas y métodos para realizar mediciones con realidad aumentada, con el fin de desarrollar una aplicación que permite medir la altura y diámetro de tallo de una manera fácil, además determinar el estado del maíz, esto mediante la comparación entre mediciones realizadas con ayuda de la App y datos obtenidos semanalmente de plantas previamente sembradas en un lote de 500 metros cuadrados. La técnica empleada para la medición de la planta de maíz se basó básicamente en el uso de la tecnología ARCore y la distancia euclidiana. Para determinar la precisión de las mediciones realizadas se empleó el estimador error cuadrático medio sobre una muestra de 20 plantas de maíz obteniendo una desviación estándar de varianza de 0,86 centímetros para la altura y de 0,14 centímetros para el diámetro del tallo de maíz.

Palabras clave: Estado de crecimiento, Maíz, Realidad Aumentada, ARCore, Mobile-D.

COTOPAXI TECHNICAL UNIVERSITY

ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES FACULTY

TOPIC: " Development of a mobile application for monitoring the growth status of yellow corn in the central highlands by measuring stalk height and diameter".

Authors:

Llumiyinga Añarumba Bryan Stalin

Tocagon Espinosa Leslie Isela

ABSTRACT

This research project analyzes different techniques and methods to perform measurements with augmented reality, in order to develop an application that allows measuring the height and diameter of the stalk in an easy way, in addition to determining the state of the corn, this by comparing measurements taken with the help of the App and data obtained weekly from plants previously planted in a lot of 500 square meters. The technique used for the measurement of the corn plant was basically based on the use of ARCore technology and Euclidean distance. To determine the precision of the measurements made, the mean square error estimator was used on a sample of 20 corn plants, obtaining a standard deviation of variance of 0.86 centimeters for the height and 0.14 centimeters for the diameter of the corn stalk.

Keywords: Growth stage, Maize, Augmented Reality, ARCore, Mobile-D.

AVAL DE TRADUCCIÓN

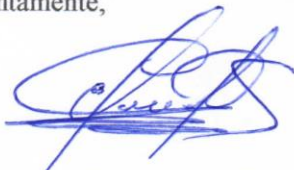
En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que:

La traducción del resumen al idioma Inglés del proyecto de titulación cuyo título versa: **“DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN MÓVIL PARA EL MONITOREO DEL ESTADO DE CRECIMIENTO DEL MAÍZ AMARILLO EN LA SIERRA CENTRO MEDIANTE LA MEDICIÓN DE LA ALTURA Y DIÁMETRO DE TALLO”**, presentado por: **Llumiquinga Añarumba Bryan Stalin y Tocagon Espinosa Leslie Isela** estudiantes de la Carrera de: **Ingeniería en Informática y Sistemas Computacionales**, perteneciente a la **Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas**, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

Latacunga, 14 marzo del 2022

Atentamente,



Mg. Marco Paúl Beltrán Semblantes

DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC
CI: 0502666514

ÍNDICE DE CONTENIDO

1	INFORMACIÓN GENERAL	1
1.1	TÍTULO DEL PROYECTO:	1
1.2	FECHA DE INICIO:.....	1
1.3	FECHA DE FINALIZACIÓN:.....	1
1.4	LUGAR DE EJECUCIÓN:.....	1
1.5	FACULTAD QUE AUSPICIA:	1
1.6	CARRERA QUE AUSPICIA:.....	1
1.7	PROYECTO DE INVESTIGACIÓN VINCULADO:	1
1.8	EQUIPO DE TRABAJO:	1
1.8.1	Tutor:	1
1.8.2	Consultor:	1
1.8.3	Autores:	1
1.9	ÁREA DE CONOCIMIENTO:	1
1.10	LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:	1
1.11	SUBLÍNEAS DE INVESTIGACIÓN DE LA CARRERA:.....	2
2	INTRODUCCIÓN.....	2
2.1	EL PROBLEMA.....	2
2.1.1	Situación problemática	3
2.1.2	Formulación del problema.....	3
2.2	OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN	3
2.2.1	Objeto de estudio.....	3
2.2.2	Campo de acción	3
2.3	BENEFICIARIOS.....	4
2.3.1	Directos.....	4
2.3.2	Indirectos	4
2.4	JUSTIFICACIÓN	4

2.5	HIPÓTESIS.....	4
2.6	OBJETIVOS	4
2.6.1	Objetivo general	4
2.6.2	Objetivos específicos.....	5
2.7	SISTEMA DE TAREAS.....	5
3	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	6
3.1	MAÍZ	6
3.1.1	Morfología del maíz	6
3.1.2	Producción de maíz en el Ecuador	9
3.2	VISIÓN ARTIFICIAL.....	9
3.2.1	Técnicas en el campo de la visión artificial.....	9
3.3	REALIDAD AUMENTADA	10
3.3.1	Definición.....	10
3.3.2	Tipos de realidad aumentada	11
3.3.3	Niveles de la realidad aumentada	12
3.3.4	Funcionamiento	12
3.3.5	Software para crear aplicaciones móviles con realidad aumentada	13
3.3.6	Hardware para aplicaciones de realidad aumentada.....	19
3.4	MEDICIÓN DE OBJETOS USANDO REALIDAD AUMENTADA	19
3.4.1	AR measure - Automatic augmented reality measuring.....	19
3.5	METODOLOGÍA MOBILE D.....	21
3.5.1	Fases de metodología Mobile-D.....	22
4	MATERIALES Y MÉTODOS.....	23
4.1	TIPOS DE INVESTIGACIÓN	23
4.1.1	Investigación bibliográfica	23
4.1.2	Investigación de campo	23
4.1.3	Investigación aplicada tecnológica.....	23

4.2	MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN.....	24
4.2.1	Método hipotético deductivo.....	24
4.3	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN.....	24
4.3.1	Análisis documental.....	24
4.3.2	Ficha bibliográfica.....	24
4.3.3	Observación experimental.....	24
4.3.4	Ficha de observación.....	24
4.3.5	Ficha descriptiva de planta de maíz.....	24
4.3.6	Fotografía.....	24
4.4	METODOLOGÍA DE DESARROLLO DE SOFTWARE.....	25
4.4.1	Metodología Mobile-D.....	25
4.5	METODOLOGÍA PARA MEDICION DE LONGITUD Y DIAMETRO DEL TALLO.....	25
5	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	26
5.1	RESULTADOS DE LA METODOLOGÍA MOBILE-D.....	26
5.1.1	Fase 1: Exploración.....	26
5.1.2	Fase 2: Inicialización.....	27
5.1.3	Fase 3: Producción.....	38
5.1.4	Fase 4: Estabilización.....	42
5.1.5	Fase 5: Pruebas.....	44
5.2	ANÁLISIS COMPARATIVO DE ESTADOS DE CRECIMIENTO.....	47
5.3	RESULTADOS DE LA MEDICIÓN DE LA ALTURA Y DIAMETRO DE LA PLANTA DE MAIZ.....	48
5.4	PRESUPUESTO.....	50
5.4.1	Estimación de costo de desarrollo de software por puntos de historia.....	50
5.4.2	Gastos.....	51
5.5	VALIDACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....	52

5.5.1	Juicio de experto.....	52
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	52
6.1	CONCLUSIONES	52
6.2	RECOMENDACIONES.....	53
7	BIBLIOGRAFÍA	53
8	ANEXOS	1
8.1	ANEXO 1: MEDICIÓN DE ALTURA Y DIÁMETRO DE TALLO	1
8.2	ANEXO 2: PRUEBAS DE LA APLICACIÓN.....	1
8.3	ANEXO: MUESTRAS	2
8.4	ANEXO: CERTIFICADO	6
8.5	ANEXO: INSTRUMENTO APLICADO A EXPERTOS	7
8.6	ANEXO: HOJAS DE VIDA DE LOS INVESTIGADORES	14

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Sistema de tareas.	5
Tabla 2. Producción de maíz en provincias de la sierra centro.	9
Tabla 3. Requisitos de Android Studio.....	14
Tabla 4. Lista de dispositivos compatibles con ARCore.	16
Tabla 5. Cuadro comparativo metodologías ágiles.....	21
Tabla 6. Rol de equipo (Jefe de equipo).....	26
Tabla 7. Rol de equipo (Equipo de trabajo).....	26
Tabla 8. Rol de equipo (Equipo de trabajo).....	26
Tabla 10. Herramientas de desarrollo.	27
Tabla 11. Recursos de hardware y software.	27
Tabla 12. Requisitos funcionales.....	28
Tabla 13. Requisitos no funcionales.....	29
Tabla 14. Caso de uso a detalle Detectar plano.	29
Tabla 15. Caso de uso a detalle medir distancia cámara-planta	30
Tabla 16. Caso de uso a detalle medir altura de tallo del maíz.	31
Tabla 17. Caso de uso a detalle medir diámetro de tallo del maíz.	32
Tabla 18. Caso de uso a detalle determinar estado del maíz.	33
Tabla 19. HU1, detección de plano.	34
Tabla 20. HU2, medición de distancia de la cámara a la planta.	35
Tabla 21. HU3, medir la altura del maíz.	36
Tabla 22. HU4, medir diámetro de tallo.	37
Tabla 23. HU5, mostrar estado del maíz.	37
Tabla 24. CPHU1, detección de plano.....	44
Tabla 25. CPHU2, medición de distancia cámara-planta.	45
Tabla 26. CPHU3, medir la longitud de maíz.	45
Tabla 27. PHU4, medir el diámetro de tallo.....	46
Tabla 28. PHU5, mostrar estado del maíz.	47
Tabla 28. Datos para el cálculo de RMSE.....	48
Tabla 30. Cálculo del RMSE.....	49
Tabla 31. Gastos directos.....	51
Tabla 32. Gastos indirectos.....	51
Tabla 33. Gasto general.....	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Sistema radicular.....	7
Figura 2. Tallo.	7
Figura 3. Hojas.	8
Figura 4. Panoja.....	8
Figura 5. Esquema de funcionamiento básico de RA.....	13
Figura 6. Arquitectura del SDK Wikitude.....	18
Figura 7. Algoritmo de medida propuesto.....	20
Figura 8. Comparación entre dimensiones medidas por la.....	20
Figura 9. Proceso Mobile-D.	23
Figura 10. Fórmula distancia euclidiana.	26
Figura 11. Caso de uso general.....	28
Figura 12. Diagrama de la arquitectura de la aplicación móvil.....	34
Figura 13. Icono de la aplicación.	39
Figura 14. Detección de plano.....	39
Figura 15. Medición distancia de cámara a planta.	40
Figura 16. Medición de longitud de tallo.	40
Figura 17. Medición de diámetro de tallo.	41
Figura 18. Determinación de estado del maíz.	42
Figura 19. Código detección de plano.....	42
Figura 20. Código distancia de la cámara-planta.	42
Figura 21. Código medición de altura de tallo del maíz.....	43
Figura 22. Código medición del diámetro de tallo.	43
Figura 23. Código determinación de estado del maíz.	44
Figura 24. Fórmula RMSE.	48
Figura 25. Anexo: Medición altura y diámetro de tallo.	1
Figura 26. Pruebas de la aplicación.....	2

1 INFORMACIÓN GENERAL

1.1 TÍTULO DEL PROYECTO:

Desarrollo de una aplicación móvil para el monitoreo del estado de crecimiento del maíz amarillo en la sierra centro mediante la medición de la altura y diámetro de tallo

1.2 FECHA DE INICIO:

25/09/2021

1.3 FECHA DE FINALIZACIÓN:

10/02/2022

1.4 LUGAR DE EJECUCIÓN:

Patután/ Latacunga/ Cotopaxi

1.5 FACULTAD QUE AUSPICIA:

Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas

1.6 CARRERA QUE AUSPICIA:

Ingeniería en Informática y Sistemas Computacionales

1.7 PROYECTO DE INVESTIGACIÓN VINCULADO:

Análisis de imágenes en tiempo real de especies de malas hierbas ecuatorianas en cultivos de maíz sobre dispositivos móviles.

1.8 EQUIPO DE TRABAJO:

1.8.1 Tutor:

Mg. Karla Susana Cantuña Flores

1.8.2 Consultor:

Mg. Luis René Quisaguano Collaguaso

1.8.3 Autores:

Bryan Stalin Llumiquinga Añarumba

Leslie Isela Tocagon Espinosa

1.9 ÁREA DE CONOCIMIENTO:

Gestión de los Datos y la Información

1.10 LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Inteligencia Artificial e Inteligencia de Negocios para la toma de decisiones en las organizaciones del entorno

1.11 SUBLÍNEAS DE INVESTIGACIÓN DE LA CARRERA:

Inteligencia artificial e inteligencia de negocios

2 INTRODUCCIÓN

En la actualidad las aplicaciones móviles se han convertido en una herramienta fundamental para realizar algunas de las funciones que realizamos a diario, estas cada día implementan nuevos métodos para que su uso sea más fácil y versátil. Los teléfonos móviles están sustituyendo a las computadoras de mesa y portátiles, pues los usuarios utilizan cada vez más smartphones y tablets para acceder a su información, a internet y para comunicarse [1].

La producción de maíz en el Ecuador es de suma importancia pues es uno de los productos que no representan más del 8% de la producción agrícola, este forma parte de una de las principales cadenas de producción que ayuda con la seguridad alimentaria del Ecuador, pues este es el componente primordial de los alimentos balanceados para aves, puercos, camarón y ganado [2].

En la actualidad existen varias aplicaciones que ayudan en la agricultura, sin embargo, en el barrio Patután perteneciente al cantón Latacunga o sus alrededores no son muchas pues los sembríos son realizados de manera rústica y estos no cuentan con ningún cuidado.

Por lo abordado anteriormente con la presente investigación se pretende desarrollar una aplicación que permita al agricultor la medición precisa de la altura y diámetro de tallo de las plantas de maíz, esto mediante el uso de la realidad aumentada y la tecnología ARcore de google las cuales en conjunto permiten realizar mediciones con el reconocimiento del espacio en el que se está trabajando.

2.1 EL PROBLEMA

En el país el cultivo de maíz es importante pues es el sustento alimenticio de varias familias, es por ello que el maíz debe contar con los cuidados y controles adecuados en cada una de sus estados de crecimiento.

Por ello con la finalidad de monitorear el maíz durante su crecimiento, de acuerdo con [3] se desarrolló una aplicación que permite la medición de la altura y diámetro de tallo del maíz, mediante el uso de un objeto referencial y el procesamiento digital de imágenes, sin embargo, a pesar de que el uso de un objeto referencial como técnica de medición

generó un margen de error adecuado, el proceso para realizar la medición resulta complejo por lo que las mediciones no son fáciles de realizar.

En base a lo expuesto, se ha propuesto determinar el estado de crecimiento del maíz mediante la medición de la altura y diámetro del tallo de plantas de maíz cultivadas en el barrio Patután del cantón Latacunga, esto con el uso de la realidad aumentada que permite mejorar la experiencia del usuario al realizar las mediciones.

2.1.1 Situación problemática

En el Ecuador el uso de las aplicaciones informáticas para la agricultura es común, hoy por hoy existen un sin número de aplicaciones móviles para comercio, gestión, riego, etc. Algunas hacen uso de la inteligencia artificial la cual permite comprender el lugar y las condiciones en las que se está trabajando para así mejorar los cultivos o explorar nuevos mercados.

En provincia de Cotopaxi las tecnologías utilizadas en el sector agrícola ayudan con la fertilización, riego y comercio, son escasas las Apps que ayuden con el control de los diferentes tipos de cultivos. En cuanto a la producción de maíz, se puede evidenciar la falta de control en estos sembríos, pues existen escasas aplicaciones que ayuden con el monitoreo de la planta de maíz.

Así llegamos al cantón Latacunga en donde el grano más sembrado es el maíz, en este cantón se encuentra el barrio Patután donde el maíz es considerado un alimento indispensable, por lo que sus habitantes lo siembran cada año [4], sin embargo, las plantas en cada uno de los terrenos carecen de cuidados, pues no existen aplicaciones que ayuden con el control en los diferentes estados de crecimiento del maíz.

2.1.2 Formulación del problema

¿Cómo monitorear el estado de crecimiento del maíz amarillo en el barrio Patután considerando la altura y el diámetro del tallo?

2.2 OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN

2.2.1 Objeto de estudio

Monitoreo del estado de crecimiento del maíz amarillo.

2.2.2 Campo de acción

Aplicaciones móviles en la agricultura.

2.3 BENEFICIARIOS

2.3.1 Directos

- Ingenieros agrónomos.
- Agricultores dedicados al cultivo de maíz.
- Estudiantes de agronomía.

2.3.2 Indirectos

- Futuros estudiantes de agronomía.

2.4 JUSTIFICACIÓN

La determinación de las etapas de crecimiento del maíz es muy importante para conocer las necesidades de la planta, debido a ello se propone desarrollar una aplicación de monitoreo del estado de crecimiento con ayuda de Realidad aumentada para que las mediciones puedan realizarse de una manera más fácil, además de determinar el estado fenológico de la planta.

Con esta investigación se pretende encontrar una técnica de medición precisa que minimice el margen de error en las medidas que se realicen y de esta manera determinar el correcto estado fenológico en el que se encuentra la planta, con ello el agricultor puede dar los cuidados adecuados a la planta en cada una de sus etapas.

Para el desarrollo de la aplicación se empleará la metodología Mobile-D, la aplicación empleará ARCore una tecnología de realidad aumentada, la cual a través de la aplicación permitirá medir la altura y el diámetro del tallo del maíz, y en base a estas medidas se determinará el estado fenológico del cultivo en su estadio vegetativo debido a la falta de medidas en las etapas posteriores a esta.

2.5 HIPÓTESIS

La aplicación móvil con realidad aumentada permite el monitoreo del estado de crecimiento del maíz amarillo del barrio Patután, considerando la altura y el diámetro del tallo de la planta.

2.6 OBJETIVOS

2.6.1 Objetivo general

Implementar una técnica eficiente sobre medición de objetos a través de un prototipo con realidad aumentada para determinar el estado del maíz en base a la altura y diámetro del tallo.

2.6.2 Objetivos específicos

- Definir las bases teóricas acerca de realidad aumentada, maíz amarillo, técnicas de medición de objetos y metodología Mobile-D mediante la revisión bibliográfica para la elaboración del marco teórico.
- Obtener información de campo aplicando la observación experimental para identificar las diferentes etapas de crecimiento del maíz amarillo en Patután.
- Diseñar un prototipo de aplicación móvil usando la metodología Mobile-D para el monitoreo del estado de crecimiento del maíz amarillo.

2.7 SISTEMA DE TAREAS

Tabla 1. Sistema de tareas.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	ACTIVIDADES	RESULTADOS ESPERADOS	TÉCNICAS, MEDIOS E INSTRUMENTOS
Definir las bases teóricas acerca de realidad aumentada, maíz amarillo, técnicas de medición de objetos y metodología Mobile-D mediante la revisión bibliográfica, para la elaboración del marco teórico.	<ul style="list-style-type: none"> • Búsqueda de información en fuentes primarias y secundarias. • Redacción del marco teórico. 	Marco teórico	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis documental • Ficha bibliográfica
Obtener información de campo aplicando técnicas e instrumentos investigativos, para conocer las medidas del maíz en las	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicación de la ficha de observación • Toma de fotografías digitales 	Base de datos de fotografías digitales	<ul style="list-style-type: none"> • Observación experimental • Ficha de observación • Fichas descriptivas de plantas de maíz

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	ACTIVIDADES	RESULTADOS ESPERADOS	TÉCNICAS, MEDIOS E INSTRUMENTOS
diferentes etapas de crecimiento.			<ul style="list-style-type: none"> • Cámara fotográfica
Diseñar un prototipo de aplicación móvil usando la metodología Mobile-D para el monitoreo del estado de crecimiento del maíz amarillo.	Diseño de interfaces Codificación de formularios	Prototipo de aplicación móvil	<ul style="list-style-type: none"> • Metodología Mobile-D • Aplicación móvil.

3 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

3.1 MAÍZ

Según [5] el maíz (*Zea mays*) es considerada una especie vegetal que pertenece al grupo de las gramíneas, su origen es andino; en el país es una de las gramíneas más usadas por su nivel nutricional ya sea en grano o seco, por ello es un cultivo clave para la alimentación tanto del ser humano como animal.

El desarrollo de la planta de maíz hasta su siembra puede variar puesto que el tiempo de cosecha depende del ambiente en el que se haya cultivado, en temperaturas de 33°C y 22°C la cosecha en seco sería entre los 111 y 120 días, pero si las temperaturas están por debajo de las mencionadas los días de cosecha podrían estar entre el día 215 y 270 puesto que por el frío la planta se desarrolla más lento.

3.1.1 Morfología del maíz

De acuerdo con [6] la planta de maíz tiene órganos vegetativos y reproductivos, que se forman hasta cuando la planta tiene los 25 o 30 cm de altura.

3.1.1.1 Órganos vegetativos

a. Sistema radicular

Formado por dos tipos de raíces: seminales y adventicias, las primeras aparecen al momento de la germinación, está formado por la radícula y algunas raíces laterales. Este tipo de raíz a principio crece horizontalmente hacia la superficie para después dirigirse hacia abajo. Este sistema de raíces es importante en las primeras etapas de crecimiento de la plántula, esto hasta que el sistema de raíces adventicias se encuentre plenamente establecido.



Figura 1. Sistema radicular.

b. Tallo

Este tiene tres funciones: dar soporte a la planta, transportar nutrientes y almacenar carbohidratos. En un tallo los nudos y entrenudos que lo conforman pueden ser de 20 a 30, esto dependiendo de la variedad y el ambiente en el que la planta crece. Los nudos y entre nudos se forman en las etapas tempranas. El crecimiento del tallo se da por el alargamiento de las células de los entrenudos, es por ello que en ambientes desfavorables la planta tiene un tamaño reducido.



Figura 2. Tallo.

c. Hojas

Estas nacen de las yemas que se encuentran en los nudos del tallo, el número total de hojas depende de la variedad y del número de nudos que tenga el tallo. Cada una de las hojas es una lámina foliar de forma alargada y lanceolada, que tiene un conjunto marcado de nervios en el centro y venas delgadas paralelas.



Figura 3. Hojas.

3.1.1.2 Órganos reproductivos

d. Panoja

Esta es la última estructura que conforma la planta de maíz, ocurre a las dos semanas luego de que la plántula emerge. Cuando todas las hojas aparecen empieza a crecer a panoja y se inicia más tarde la formación de los granos de polen. Una vez que la panoja emerja en su totalidad, se liberan los granos de polen, inicia en la parte inferior del tercio medio superior del eje principal de la panoja y continua hacia los dos extremos.



Figura 4. Panoja.

3.1.2 Producción de maíz en el Ecuador

En el Ecuador la producción del maíz es muy importante, pues cumple un rol significativo en la seguridad alimentaria de la población. Un 80% del maíz amarillo duro es destinado a la producción de alimento balanceado, en los últimos 20 años su producción y rendimiento aumentado debido al uso de semilla certificada (hibrida) y a tecnologías de manejo que compañías públicas y privadas han transferido a los productores [7].

El maíz tiene importancia económica, pues puede dársele muchos usos como: preparados en cereales, harinas tanto en grano tierno como en seco y conservas, para los animales se preparan balanceados, heno, forraje verde y en el sector industrial se fabrica aceites, compost, alcohol, etc [5].

En la sierra centro del Ecuador, conformada por las provincias: Bolívar, Cotopaxi, Chimborazo y Tungurahua el maíz es el principal grano cultivado, sin embargo, el maíz amarillo es sembrado simplemente en tres de las cuatro provincias (ver tabla 2), siendo la provincia de Bolívar la principal de la sierra centro en la siembra de maíz amarillo con una superficie de 3756 ha sembradas.

Tabla 2. Producción de maíz en provincias de la sierra centro [8].

Provincia	Tipo de Maíz	Superficie sembrada (ha)
Bolívar	Amarillo	3756
Cotopaxi	Amarillo	1614
Chimborazo	Amarillo	292

3.2 VISIÓN ARTIFICIAL

Consiste en el reconocimiento automático de propiedades y estructura de un mundo tridimensional, posiblemente enérgico, a partir de imágenes bidimensionales del mundo real [9]. La visión artificial permite adquirir información de diferentes escenarios, imitando uno de los sentidos sensoriales del ser humano, su papel principal es interpretar y analizar del entorno aptado por el sensor que está instalado en la cámara.

3.2.1 Técnicas en el campo de la visión artificial

A continuación, se presentan diferentes técnicas que son usadas para mejorar resultados de distintos algoritmos, con relación al mundo de la visión artificial [10].

3.2.1.1 Conversión del espacio de color

Esta es una de las técnicas usadas para evitar los cambios de iluminación en las imágenes. Es común cambiar el espacio de color en el que se trabaja, en su gran mayoría as imágenes se encuentran en BGR. En este espacio se presenta en cada valor de pixel una mezcla entre matiz de color y su iluminación, de esta manera se pueden encontrar colores semejantes al del ojo humano. Con el fin de minimizar el impacto que presentan los cambios de iluminación y para distribuir los colores con mayor coherencia, es común pasar a uno que distribuya la iluminación y el matiz en canales diferentes.

3.2.1.2 Generación de gradientes

La obtención del vector de gradiente en relación a la intensidad del vecino para cada pixel es uno de los procedimientos más comunes para trabajar con imágenes. El vector muestra la dirección en la que se encuentra la mayor variación de intensidades.

3.2.1.3 Watershed

ES un proceso usado para rellenas las zonas de la imagen con el contenido de los demás pixeles vecinos. El proceso suele ser aplicado en imágenes en escala de grises, aquí la imagen es interpretada como un mapa topográfico en el cual los valores de intensidad representan alturas. De esta manera zonas claras son tomadas como cumbres y las oscuras como valles. Existen muchos algoritmos para implementar watershed, siendo el más común el que rellenas zonas por inundación.

En el algoritmo de inundación los espacios se van rellinando iterativamente a partir de cuencas distribuyendo etiquetas a cada cuenca hasta que el relleno se encuentre con otro relleno de una cuenca diferente. En este punto se determina un límite que actúa como una partición de la imagen que se considera rellena al no tener más que propagar en una iteración.

3.3 REALIDAD AUMENTADA

3.3.1 Definición

De acuerdo con [11] la realidad aumentada forma una valiosa tecnología emergente por la cual se puede dar respuesta de manera eficaz a las nuevas formas de educación solicitados por alumnos en la sociedad de la información y conocimiento.

Para el autor [12] la RA permite mejorar los sentidos con los que se percibe la realidad, lo que se logra por medio de la información existente en el mundo digital con respecto a

las cosas que se encuentran al redor de las personas, así la realidad aumentada se comporta como un lente con el cual se ve el mundo.

Esta realidad se diferencia de la realidad virtual ya que no sumerge a la persona en una realidad creada que es distinta a la real, sino que con ella se aprovecha la información adicional para de esta manera mejorar el conocimiento acerca de los objetos tangibles.

Según [13] algunas de las propiedades significativas de esta son:

- Sucede en tiempo real.
- Es favorable para usar información digital en diferentes formatos.
- Es interactiva.
- Brinda la posibilidad de alterar o añadir elementos a la información física.

3.3.2 Tipos de realidad aumentada

Para [14] existen dos tipos de realidad aumentada que nos describas a continuación:

3.3.2.1 Realidad aumentada geolocalizada

La RA clasificada del tipo “posicionamiento”, lleva su nombre ya que es determinada por activadores, “triggers” o “desencadenantes” de la información que son sensores que muestran la posición en la que se encuentra el dispositivo móvil.

- GPS: Muestra la ubicación del dispositivo por medio de coordenadas.
- Brújula: Se refiere a la orientación del dispositivo en la dirección que enfoca la cámara integrada.
- Acelerómetro: distingue la orientación y Angulo del dispositivo al uso.

La información es capturada mediante la cámara integrada en el dispositivo y este también procesara la información a través del software de posicionamiento instalado. Se trata de una RA que está basada en parámetros de posicionamiento.

3.3.2.2 Realidad aumentada basada en marcadores

Los marcadores figuran el tipo de activador de la información en el mundo de la realidad aumentada y pueden estar englobados en tres grupos:

- Códigos QR: son un tipo de formas geométricas en blanco y negro que contienen información de tipo URL, VCard, texto, email, etc. En algunos casos su diseño puede incluir una imagen o logo.
- Markeless NFT: en este caso los activadores son imágenes u objetos reales.

- **Marcadores:** pueden ser de formas geométricas en blanco y negro, se encuentran enmarcadas en un cuadrado. En algunos casos pueden incluir imágenes simples o siglas.

3.3.3 Niveles de la realidad aumentada

De acuerdo con [15] según las investigaciones realizadas por su equipo de trabajo la RA se basa en distintos niveles de dificultad dependiendo de las tecnologías que sean usadas. A mayor nivel, más funcionalidades avanzadas, así la realidad aumentada se clasifica en cuatro niveles (de 0 a 3):

- **Nivel 0 (enlazado con el mundo físico):** las aplicaciones en este nivel están relacionadas con el mundo real usan códigos QR o de barra que son 2D, solo pueden redireccionar a otros contenidos, por lo cual no existe registros en 3D ni reconocimiento de marcadores.
- **Nivel 1 (Realidad virtual con marcadores):** en este nivel se encuentran aplicaciones que utilizan marcadores, imágenes, esquemas o dibujos, por lo general es usado en reconocimiento de patrones 2D u objetos 3D en su forma más avanzada.
- **Nivel 2 (Realidad virtual sin marcadores):** las aplicaciones de este nivel no requieren de marcadores para activar, usan los sensores de los dispositivos tales como: GPS, brújula, acelerómetro, esto para determinar la orientación y localización del dispositivo, en este nivel los dispositivos también pueden reconocer las superficies en tiempo real midiendo las imágenes capturadas con la cámara.
- **Nivel 3 (Visión aumentada):** este es el nivel más alto y más costoso de implementar debido a que son necesarios dispositivos como los que ofrece Google HoloLens, Google Glass, u otro tipo de lentes de alta tecnología para que el usuario pueda sumergirse totalmente en el entorno virtual.

3.3.4 Funcionamiento

El funcionamiento de la realidad aumentada necesita un dispositivo o un computador que cuente con un software que procese las imágenes, así también es necesaria una cámara la cual captura los diferentes tipos de activadores de la RA del mundo real. En el caso de activación por marcadores la cámara del dispositivo o computador debe enfocar el

marcador, ya enfocado el marcado el software de la computadora procesara los datos y la pantalla proyectara la imagen o animación requerida, además de información.

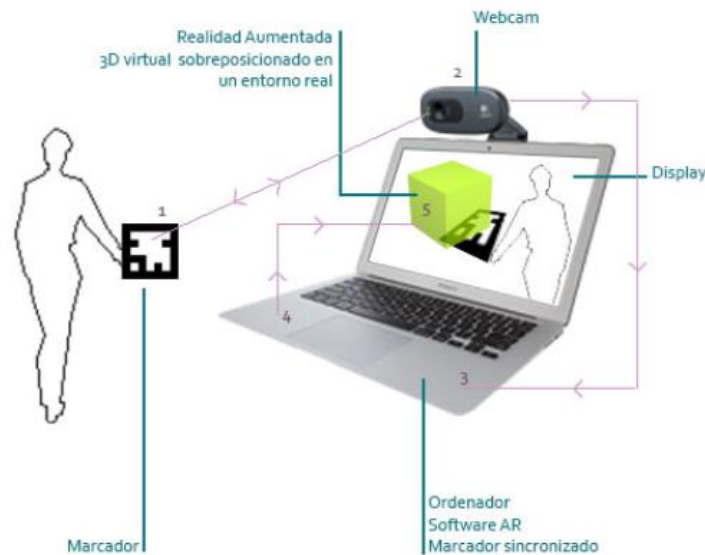


Figura 5. Esquema de funcionamiento básico de RA [16].

En figura 1 se puede apreciar el básico funcionamiento de la realidad aumentada la cual incluye marcadores, software y hardware, sin embargo, no quiere decir que todos los elementos mencionados sean indispensables pues en el uso de los marcadores estos pueden ser cambiados por otros elementos similares o imágenes reales.

3.3.5 Software para crear aplicaciones móviles con realidad aumentada

Según [17] el software usado para el desarrollo de aplicaciones móviles con realidad aumentada se detalla a continuación:

3.3.5.1 Entornos de desarrollo integrado

Los entornos de desarrollo integrado que existen para crear aplicaciones móviles son varios, estos con la implementación de librerías o herramientas de software específicas, permiten la incorporación de la realidad aumentada en los proyectos que se desarrollen.

e. Android Studio

Android Studio es un entorno de desarrollo para crear aplicaciones móviles para Android, basado en IntelliJ IDEA. Es un IDE multiplataforma lo que permite que su instalación pueda realizarse en Windows, Linux o Mac, este es un software que requiere un computador con muchos recursos de memoria y CPU, mucho más cuando se trata de renderizar componentes gráficos o para compilar aplicaciones [18]. En la tabla 1 se puede observar los requisitos de Android Studio para funcionar.

Tabla 3. Requisitos de Android Studio [19].

	Windows	Mac OS X	Linux
Versión del sistema operativo	Windows 7/8/10	Mac OS X 10 y posteriores	GNOME o KDE de escritorio Ubuntu 12.04
Arquitectura PC	X86/X64		
RAM	3GB mínimo, 8GB recomendado		
ROM	2GB mínimo más 1,5 SDK y 1GB emulador		
Resolución de pantalla	1280 x 800 pixeles mínimo, 1920 x 1080 pixeles		
Versión Java	Java Development Kit 8		
Emulador	Sistema operativo de 64 bits y procesador Intel ® compatible con Intel ® VT-x, Intel ® EM64T (Intel ® 64) y la funcionalidad Execute Disable (XD) Bit. (No es compatible con Mac)		

f. Unity 3D

Unity es un motor de videojuegos muy popular en los últimos años, permite el desarrollo de juegos mediante su editor y un lenguaje de programación (Java Script o C++) que dan la posibilidad al usuario de mediante scripts crear interacción. Los juegos desarrollados en este motor se crean por medio de escenas que representan un nuevo nivel o un lugar diferente dentro del juego [20].

En Unity se pueden encontrar múltiples librerías de assets para diseño gráfico, estas incluyen objetos y personajes 3D, colores, texturas, cámaras y formas geométricas. Un proyecto que se haya desarrollado en este entorno se compone de varias carpetas y subcarpetas donde es almacenada la configuración y la implementación del proyecto. En el directorio raíz además se puede encontrar diversas preferencias de usuario, diversos directorios [21]:

- En la carpeta ‘Library’ son almacenadas librerías usadas para el proyecto.

- En la carpeta ‘ProjectSettings’ se encuentran incluidos archivos de configuración de las mecánicas de unity.
- En la carpeta ‘obj’ se pueden encontrar archivos que están relacionados con el compilador.
- En la carpeta ‘Assets’ están almacenados archivos de las escenas creadas y las diferentes implementaciones que el desarrollador vaya añadiendo.

3.3.5.2 Kit de desarrollo de software SDK

Un Software Development Kit (SDK) es un conjunto de herramientas para desarrollar software este permite la creación de aplicaciones para un sistema específico. Este incluye herramientas de debugger, códigos de ejemplos, documentaciones y en muchas ocasiones un entorno de programación IDE:

- Interfaz de programación de aplicaciones: compuesta por un conjunto de funciones, estructuras de datos, rutinas y variables que permiten manipular la plataforma sin conocerla de forma interna.
- Un entorno de desarrollo integrado: se trata de un editor que ayuda a escribir el código fuente del programa fácilmente, brinda un interfaz amigable para dos aplicaciones fundamentales:
- Debugger: permite “testear” el programa en cada uno de los pasos de su ejecución.
- Compilador: traduce el código fuente a lenguaje de máquina, obteniendo así un programa ejecutable.
- Código modelo y otra documentación: punto de partida para iniciar a desarrollar aplicaciones.
- Emulador del entorno: software que permita al usuario ver cómo queda el producto final ejemplo en caso de que se esté desarrollando en computador una aplicación móvil es necesario un emulador para mostrar cómo se vería la app en un celular.

3.3.5.3 SDK realidad aumentada

a. ARCore

Es una plataforma de Google que permite la creación de experiencias de realidad aumentada, con el uso de diferentes API, ARCore permite que el celular detecte el entorno en el que se encuentra, entienda el mundo e interactúe con la información. Algunas de las

API se pueden encontrar disponibles en Android e IOS esto con el fin de permitir experiencias compartidas [22].

ARCore para integrar contenido virtual en el mundo real como se puede visualizar por medio de la cámara del celular usa tres capacidades clave:

- Seguimiento de movimiento, permite que el Smartphone comprenda y rastree la posición en relación con el mundo que lo rodea.
- Entendimiento ambiental, permite que el Smartphone conozca el tamaño y ubicación de cualquier superficie.
- Estimación de luz, permite que el teléfono cuantifique las condiciones de iluminación actuales del entorno.

Para la implementación del ARCore debemos entender los términos que se utilizan para la realidad aumentada.

HitResult: Cuando tocamos en el ARFragment obtenemos el objeto de HitResult, esto nos ayuda a tener una proporción de la ubicación de un objeto en el mundo real.

Anchor: Se denomina anchor (ancla) a una ubicación fija en el mundo real.

TransformableNode: con este tipo de nodo podemos interactuar con el Anchor tanto para escalar como para transformar.

Esta tecnología ha llegado a facilitar el uso de la realidad aumentada y a mejorarla pues al comprender el mundo real es más fácil crear aplicaciones más completas e innovadoras, sin embargo, el uso de ARCore para los Smartphone está limitado pues no todos los dispositivos soportan esta tecnología, para usarla el celular debe contar Android 7 (Nougat) o versiones posteriores en la tabla se pueden observar algunos de los celulares que soporta ARCore.

Tabla 4. Lista de dispositivos compatibles con ARCore.

Fabricante	Modelo del dispositivo
Asus	ROG Phone III / 5
Asus	Zenfone 7/ 7pro / 8
Huawei	Mate 20 / 20 Lite / 20 Pro / 20 X
Huawei	Nova 3 / 3i / 4

LG	Q92
LG	VELVET 5G / 2 Pro
Motorola	Moto g 9 Prover / 9 plus
Realme	Realme GT Neo
Samsung	Galaxy A51 5G / A52 / A52 5G
Xiaomi	Redmi Note 10 / 10 5G / 10 Pro
Xiaomi	Mi 10 Lite / 10 Lite 5G / 10i

b. Vuforia SDK

Es un kit de desarrollo de software que permite desarrollar aplicaciones con realidad aumentada a través de una estructura de archivos con las que se pueden crear escenas con interfaces interactivas y modelamiento 3D de manera directa [23].

Las características de Vuforia de acuerdo a los parámetros establecidos por [24] son:

- Tipo de licencia: gratuita y pagada.
- Entorno de desarrollo integrado: integrable con Unity, Eclipse y XCode.
- Multiplataforma: está desarrollado para Android, IOS, Web.
- Código de programación: Java, C#, C++.
- Documentación: Vuforia Developer Library.
- Número de usuarios: +175000.

c. Wikitude SDK

Según Wikitude es una biblioteca de software y un marco para aplicaciones móviles que son usadas para la creación de experiencias con realidad aumentada, es considerado de gran alcance ya que permite una buena experiencia en el desarrollo de realidad aumentada, brindando a los desarrolladores herramientas para que puedan crear aplicaciones o mejorar aplicaciones ya desarrolladas. Entre sus características más destacadas se encuentran las siguientes:

- Es multiplataforma.
- Maneja lenguajes como: C, C++, Java.

- Es gratuito lo que permite que cualquier persona pueda tener acceso al programa.
- Su ambiente de desarrollo es Eclipse.

Este brinda una función para el seguimiento de objetos y escenas que permiten que juguetes, edificios y objetos aleatorios mejoren su atractivo visual, además permite utilizar varias imágenes como objetivos para localizar y aumentar varias imágenes a la par, una vez que son identificadas las imágenes este puede hacer un seguimiento del contenido de RA insertado en cada ubicación y mostrar información, videos, modelos 3D o botones.

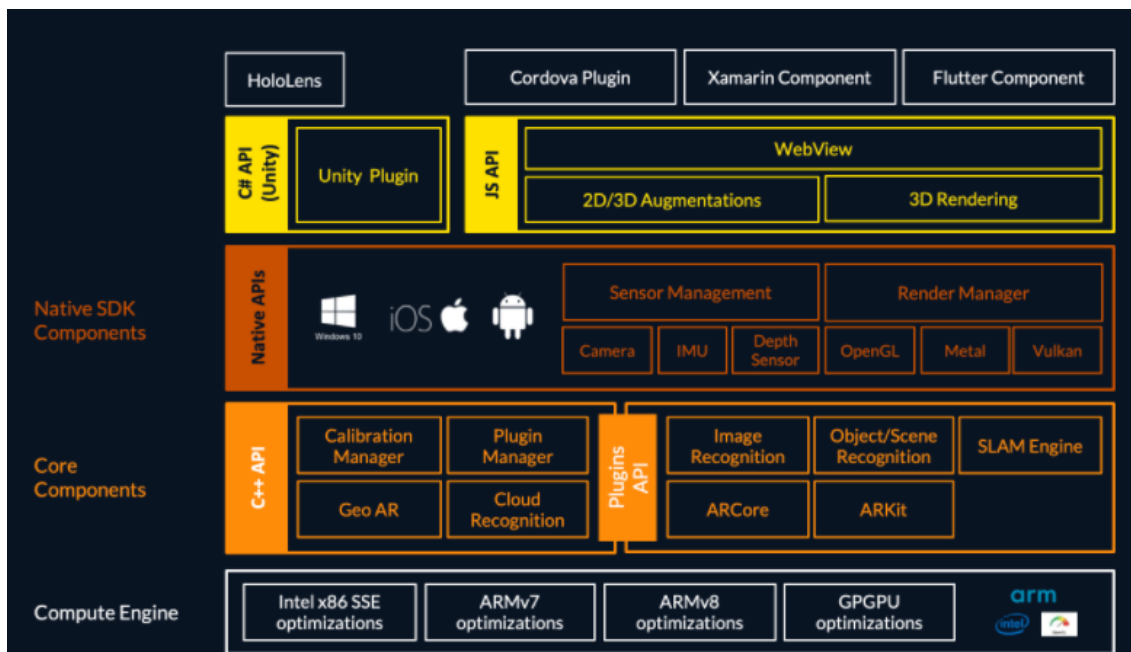


Figura 6. Arquitectura del SDK Wikitude [25].

La figura muestra los distintos componentes de Wikitude SDK y posibles enfoques para crear RA. Cada uno basado en ciertos IDE y Plataformas:

- Motor de visión por computadora: es parte del componente central de wikitude SDK y es usado por todas las plataformas. Esta comprendido por tres partes: SLAM Engine, Image Recognition Engine y Object Recognition Engine.
- SDK de wikitude - API nativa: permite el acceso al motor de visión artificial de wikitude de manera nativa para Android (Java), IOS (ObjC) y Windows UWP.
- Wikitude SDK - API de JavaScript: permite la construcción de mundos de RA sobre la base de HTML y JavaCsript. Se encuentra disponible para Android y iOS. Esta API ofrece el acceso a la funcionalidad del motor motor por

computadora, API de complementos, AR basado en la ubicación y funcionalidad de representación dedicada.

- SDK de Wikitude – API de complementos: este permite conectar complementos propios al SDK de Wikitude.
- SDK de Wikitude – Complemento de Cordova: este complemento permite usar el SDK de Wikitude combinado con Apache cordova.
- Wikitude SDK – Componente Flutter: este componente permite usar Wikitude SDK combinado con Flutter
- Wikitude SDK – Complemento Unity3D: el complemento Unity permite que se pueda usar Wikitude SDK combinado con Unity.
- Wikitude SDK- Componente Xamarin: el complemento de Xamarin permite que Wikitude SDK se pueda usar en combinación con Xamarin.

3.3.6 Hardware para aplicaciones de realidad aumentada

Para [26] los elementos primordiales para las aplicaciones de Realidad Aumentada son los que se mencionan a continuación:

- Pantalla: es la encargada de entregar la información virtual al usuario. Esta puede ser una de tipo Head Mounted, una portátil como las proporcionadas por un dispositivo móvil o pantallas instaladas en el entorno físico.
- Dispositivo de entrada: podrían ser guantes, pulseras inalámbricas o pantallas táctiles como las de los smartphones.
- Elementos de seguimiento: aquí se encuentran elementos que permitan la captura de imágenes y muestren o distingas orientación, ubicación, dirección del dispositivo, pueden ser acelerómetros, GPS, brújulas o cámaras digitales.
- Computador: este elemento es el encargado de procesar las imágenes que son capturadas por la cámara y los datos que son recibidos por los sensores y elementos de seguimiento, para después generar para el usuario la experiencia de la realidad aumentada.

3.4 MEDICIÓN DE OBJETOS USANDO REALIDAD AUMENTADA

3.4.1 AR measure - Automatic augmented reality measuring

Esta App permite la medición automática de las dimensiones de un objeto, para ello el usuario debe rodear el objeto para poder escanearlo con la cámara del dispositivo móvil y posteriormente medirlo. Para la medición esta aplicación utiliza algoritmos de visión

artificial para reconstrucción de escenas esto con la finalidad de obtener una nube de puntos del objeto.

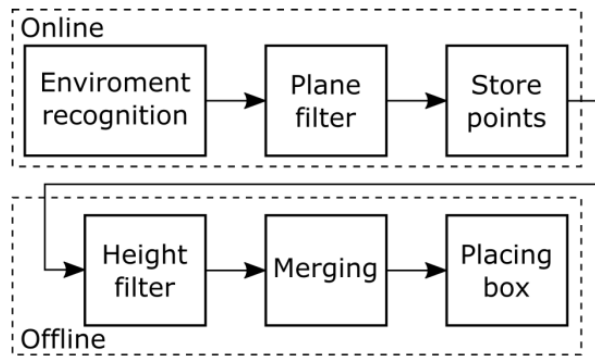


Figura 7. Algoritmo de medida propuesto [27].

Una vez que se tiene la nube puntos es necesario establecer una función que proporcione la ubicación de un punto seleccionado en el mundo real en este caso HitResut, luego se debe colocar un ancla para que los puntos no se muevan, luego de colocar dos anclas se procede a medir la distancia que existe entre las dos para después usando la fórmula de distancia de la geometría calcular la distancia entre dos puntos.

Las mediciones que se realizaron a objetos paralelepípedo tuvieron un error de 1 cm aproximadamente y en objetos con otras formas el error de medición fue de 3 a 5 centímetros, por lo que se pudo deducir que el error en las mediciones no depende del tamaño del objeto.

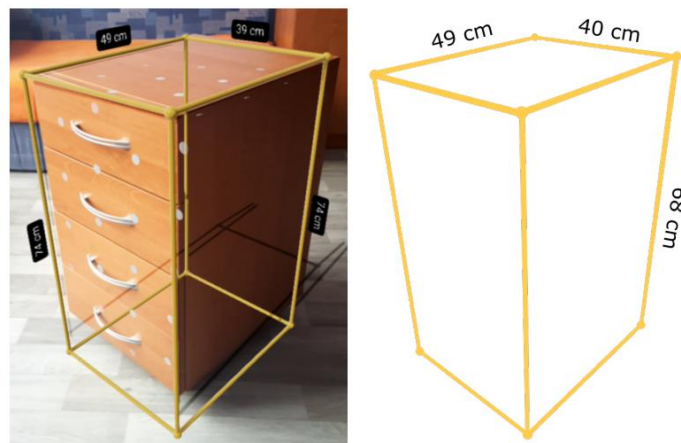


Figura 8. Comparación entre dimensiones medidas por la aplicación (izquierda) y dimensiones reales (derecha).

3.5 METODOLOGÍA MOBILE D

Es una metodología de desarrollo de software compatible con grupos de menos de 10 personas que trabajen en un mismo espacio con el objeto de entregar una aplicación funcional en menos de 10 semanas [28]. Mobile-D se concentra principalmente en pequeñas empresas de desarrollo, pues al tener cortos tiempos de desarrollo minimiza los costes de producción, lo que hace que esta se convierta en una metodología asequible para pequeñas organizaciones que están limitadas a tener pocos recursos y personal [29].

Tabla 5. Cuadro comparativo metodologías ágiles [30].

	Programación Extrema (XP)	SCRUM	Mobile-D
Fases	Planeación Diseño Desarrollo Pruebas	Reunión de planificación de Sprint El Scrum Diario Trabajo de desarrollo durante el Sprint Revisión del Sprint Retrospectiva del Sprint	Exploración Inicialización Producción Estabilización Pruebas del sistema
Identificación de usuario	Enfocado en las necesidades del cliente como objetivo principal para lograr el éxito en el desarrollo del software.	Centrado específicamente en los requerimientos del cliente para primar el trabajo en base a dichos requisitos	Enfocado más en el nivel de satisfacción de los usuarios finales
Comunicación	La comunicación es constante entre el equipo de trabajo y cliente dando así una mejor solución al problema.	El Product Owner es el encargado de manejar la comunicación existente entre el cliente y el equipo de trabajo, de esta manera se minimizan los riesgos de que ocurran	El jefe del proyecto es el encargado de la comunicación entre el cliente y el equipo de trabajo para obtener una alianza durante el desarrollo del software

		malos entendidos durante el desarrollo.	
Programación	Programación en parejas, en largas jornadas; revisión de código mutuo	Son realizadas pruebas unitarias, pruebas de integración y aceptación	Se realizan pruebas unitarias, pruebas de datos ingresados, pruebas de interfaz y pruebas funcionales
Documentación	Historias de usuario Tarjetas CRC	Product backlog Sprint backlog Burndown chart Definition of done Definition of ready	StoryCards StoryBoards
Calidad del producto	Calidad alta	Calidad alta	Calidad alta
Dificultad en adoptarla	Muy alta	Alta	Media
Valores o principios orientados al desarrollo de App	Orientados a la gestión proyectos	Potenciamiento del trabajo del grupo de proyectos	Orientados al desarrollo de App
Tiempos de producción	Largos	Pequeños	Pequeños

3.5.1 Fases de metodología Mobile-D

Esta metodología se encuentra conformada por 5 fases (Véase en la Figura 12) como son:

- Exploración: fase en la cual se realiza la planeación, se establece un plan inicial con los actores y los requerimientos iniciales.
- Inicialización: se prepara el medio necesario para el desarrollo del proyecto y se realiza un análisis inicial de requerimientos.

- Producción: Aquí son implementados los requerimientos funcionales en el producto aplicando iteraciones incrementales en un desarrollo cíclico.
- Estabilización: en esta fase se busca garantizar la calidad de la implementación del producto.
- Pruebas y reparaciones del sistema: esta tarea tiene como propósito hallar defectos en el software desarrollado después de la fase de ejecución del proyecto.

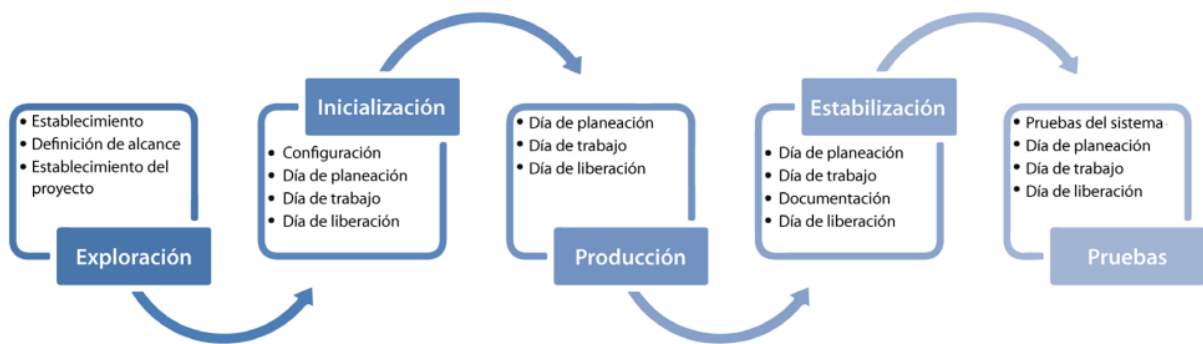


Figura 9. Proceso Mobile-D [31].

4 MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 TIPOS DE INVESTIGACIÓN

4.1.1 Investigación bibliográfica

Se usó este tipo de investigación para recabar información acerca de realidad aumentada, estados fenológicos del maíz, metodología de desarrollo de software Mobile-D para la redacción del marco teórico.

4.1.2 Investigación de campo

Esta investigación ayudo a recolectar datos semana tras semana de las plantas sembradas en una parcela del barrio Patutan, además se extrajeron plantas para corroborar las mediciones en los diferentes estados de la planta.

4.1.3 Investigación aplicada tecnológica

Este tipo de investigación contribuyo con el diseño de la aplicación móvil, lo que trajo el perfeccionamiento, mejoras y optimización del funcionamiento de la aplicación.

4.2 MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

4.2.1 Método hipotético deductivo

Se ha escogido el método hipotético deductivo ya que es necesario el plantear una hipótesis para de acuerdo a ella poder conocer los pro y contras de la misma y de esta manera comprobar la hipótesis.

4.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

4.3.1 Análisis documental

Con el análisis documental se pudo ampliar los conocimientos acerca del maíz, realidad aumentada y la metodología Mobile-D los cuales contribuyen con el desarrollo de la aplicación móvil.

4.3.2 Ficha bibliográfica

Esta ficha ayudo a guardar información relevante de cada uno de los artículos, libros y documentos que se encontraron en la investigación, facilito el trabajo a la hora de la redacción del marco teórico.

4.3.3 Observación experimental

Esta sirvió para llevar un control del crecimiento del maíz, determinar los estados fenológicos, además de conocer la longitud y diámetro máximo y mínimo que puede llegar a tener el tallo de la planta de maíz en cada una de las semanas.

4.3.4 Ficha de observación

Este instrumento de investigación ayudo a dar seguimiento al crecimiento de la planta semana tras semana, pudiendo así conocer la longitud y diámetro de tallo del maíz.

4.3.5 Ficha descriptiva de planta de maíz

La ficha descriptiva se usó para llevar un registro del crecimiento y estado en el que se encontraba la planta.

4.3.6 Fotografía

Este instrumento se usó en la captura y recolección del banco imágenes que corroboran el estado fenológico de la planta semana a semana, así como también la longitud y diámetro de tallo.

4.4 METODOLOGÍA DE DESARROLLO DE SOFTWARE

4.4.1 Metodología Mobile-D

Se ha optado por esta metodología pues es apta para proyectos que cuentan con un plazo máximo de diez semanas para desarrollar un producto, esta metodología se enfoca más en el desarrollo del software que en la documentación lo que garantiza que la aplicación sea terminada a tiempo, sin errores y más que nada garantiza el cumplimiento de los requerimientos del usuario. Mobile-D está conformada por cinco fases:

4.4.1.1 Fase de exploración

En esta fase el equipo de trabajo se encarga de definir un plan y establecer las características principales del proyecto, esta se divide en tres partes: establecimiento de los actores, alcance y establecimiento del proyecto.

4.4.1.2 Fase de inicialización

Aquí se planifican las actividades a desarrollarse, identificando y preparando los recursos que se vayan a usar. Para este proyecto en esta fase se modelarán casos de uso, diagramas de bloque e historias de usuario.

4.4.1.3 Fase de producción

Fase en la que se empieza con la codificación de la aplicación, para lo cual se usó Android Studio como Entorno de desarrollo, Kotlin como lenguaje de programación y ARCore para trabajar con realidad aumentada.

4.4.1.4 Fase de estabilización

En esta fase se presentan las funcionalidades definidas en la fase de inicialización conjuntamente con el código ya terminado, para que se pueda proceder con las pruebas.

4.4.1.5 Fase de pruebas del sistema

Esta fase engloba el periodo de pruebas, el tester se encarga de corroborar que la aplicación cumpla con las funcionalidades establecidas, esto mediante casos de pruebas funcionales, una vez que se realicen las pruebas correspondientes se realizarán los cambios necesarios en la App en caso de así requerirlo.

4.5 METODOLOGÍA PARA MEDICION DE LONGITUD Y DIAMETRO DEL TALLO

Para la medición de la longitud y el diámetro del tallo se utilizaron algoritmos de visión artificial esto para obtener una nube de puntos, para el procesamiento de la nube de puntos, estimación de longitud y diámetro de tallo se utilizó el SDK ARCore el cual

utiliza el `HitResult` para conocer la ubicación de la planta en el mundo real, `AnchorNode` como ancla y `wordPosition` para calcular la distancia entre las anclas finalmente se aplicó la distancia euclidiana que se muestra en la Figura 13, la cual calcula el espacio existente entre dos puntos en un espacio geométrico.

$$\text{Distancia} = \sqrt{(x1 - x2)^2 + (y1 - y2)^2 + (z1 - z2)^2}$$

Figura 10. Fórmula distancia euclidiana [32].

5 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

5.1 RESULTADOS DE LA METODOLOGÍA MOBILE-D

5.1.1 Fase 1: Exploración

5.1.1.1 Establecimiento de los involucrados

En esta fase se estableció el equipo de trabajo, los roles y responsabilidades que estos tienen dentro del proyecto.

Tabla 6. Rol de equipo (Jefe de equipo).

Nombre	Ing. Mtr. Cantuña Flores Karla Susana
Rol	Jefe de equipo
Responsabilidad	Revisión de documentación y aplicación
Información de contacto	karla.cantuna@utc.edu.ec

Tabla 7. Rol de equipo (Equipo de trabajo).

Nombre	Llumiquinga Añarumba Bryan Stalin
Rol	Equipo de Trabajo
Responsabilidad	Desarrollo de la aplicación
Información de contacto	bryan.llumiquinga0139@utc.edu.ec

Tabla 8. Rol de equipo (Equipo de trabajo).

Nombre	Tocagon Espinosa Leslie Isela
Rol	Equipo de trabajo

Responsabilidad	Diseño y pruebas de la aplicación
Información de contacto	leslie.tocagon8589@utc.edu.ec

5.1.1.2 Alcance

Desarrollar un prototipo de aplicación móvil que permita medir la longitud y diámetro del tallo del maíz para determinar el estado de crecimiento de la planta.

5.1.1.3 Establecimiento del proyecto

En esta fase es establecido el entorno del proyecto, se determinan las herramientas que se van a utilizar, estas pueden ser entornos de desarrollo, kit de desarrollo de software, plugin, lenguajes de programación, hardware y metodología aplicada, lo cual se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 9. Herramientas de desarrollo.

Herramienta	Nombre	Característica
Entorno de desarrollo	Android Studio	Versión 3.6
SDK	ARcore	
Plugin	Google Sceneform tools	Versión 1.15.1
Lenguaje de programación	Kotlin	Versión 1.4.10
Hardware	HP	Core i5 7ma Generación

5.1.2 Fase 2: Inicialización

En esta fase se efectuó la configuración del entorno de trabajo, se definieron los recursos de software y de hardware utilizados para el desarrollo de la App, los cuales los podemos observar en la tabla a continuación.

Tabla 10. Recursos de hardware y software.

Recursos de hardware	Recursos de software
Laptop hp Core i5 7ma generación, 12 Gb memoria RAM y disco duro de 1T	Entorno de desarrollo Android Studio versión 3.6

Celular Huawei Mate 20 lite	Editor de Gráficos Illustrator protable versión 19.2.1
-----------------------------	--

5.1.2.1 Configuración del proyecto

a. Instalación de Android Studio

La instalación de Android Studio se realizó en una laptop con SO Windows 10, para ello se utilizó una guía de instalación, la cual proporciona pasos a seguir para que se pueda instalar el entorno de una manera correcta.

5.1.2.2 Diagramas de caso de uso

a. Caso de uso general

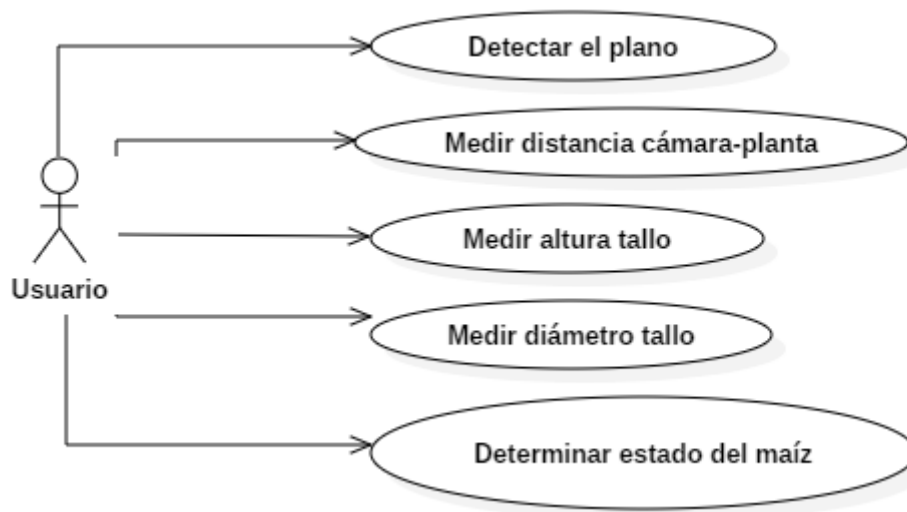


Figura 11. Caso de uso general.

5.1.2.3 Especificación de requisitos

a. Requisitos funcionales

Tabla 11. Requisitos funcionales.

Código	Descripción
RF1	El sistema deberá permitir al usuario detectar un plano.
RF2	El sistema deberá permitir al usuario medir la distancia de la cámara a la planta.
RF3	El sistema deberá permitir al usuario medir la altura de la planta.
RF4	El sistema deberá permitir al usuario medir el diámetro del tallo de la planta.

RF5	El sistema deberá permitir al usuario mostrar el estado del maíz.
-----	---

b. Requisitos no funcionales

Tabla 12. Requisitos no funcionales.

Código	Descripción
RNF1	El sistema deberá ejecutarse sobre el sistema operativo Android.
RNF2	El sistema deberá emplear la tecnología de realidad aumentada.
RNF3	El sistema deberá presentar una pantalla de inicio con el logo.
RNF4	El sistema deberá realizar las mediciones en centímetros.

5.1.2.4 Especificación de casos de uso a detalle

En base a los requisitos funcionales se detalla cada uno y se establece las condiciones de funcionamiento.

Tabla 13. Caso de uso a detalle Detectar plano.

Nº 0001	CU001
Nombre:	Detectar plano
Autores:	Llumiquina Bryan, Tocagon Leslie
Actor:	Usuario
Descripción:	Este caso de uso permite que el celular reconozca el entorno en el que se encuentra.
Pre-condición:	Tener dispositivo compatible con ARCore.
Flujo principal	<ol style="list-style-type: none"> 1. La aplicación muestra el splash screen. 2. La aplicación muestra una interfaz en la que el usuario debe seleccionar el/los meses de siembra que tiene su planta de maíz. 3. La aplicación muestra una referencia para que se detecte un plano.

	4. La aplicación muestra una nube de puntos.
Pos-condición	Se detectó un plano correctamente.

Tabla 14. Caso de uso a detalle medir distancia cámara-planta

N° 0002	CU002
Nombre:	Medir distancia cámara-planta.
Autores:	Llumiyinga Bryan, Tocagon Leslie
Actor:	Usuario
Descripción:	Este caso de uso permite que el usuario mida la distancia de la cámara a la planta.
Pre-condición:	El usuario debe detectar un plano.
Flujo principal	<ol style="list-style-type: none"> 1. La aplicación muestra el splash screen. 2. La aplicación muestra una interfaz en la que el usuario debe seleccionar el/los meses de siembra que tiene su planta de maíz. 3. La aplicación muestra una referencia para que se detecte un plano. 4. La aplicación muestra una nube de puntos. 5. La aplicación muestra el mensaje “seleccione un punto”. 6. El usuario selecciona el punto para medir la distancia.

	7. La aplicación muestra a que distancia se encuentra la cámara de la planta.
Pos-condición	La medición se realizó exitosamente.

Tabla 15. Caso de uso a detalle medir altura de tallo del maíz.

N° 0003	CU003
Nombre:	Medir altura de tallo del maíz.
Autores:	Llumiyinga Bryan, Tocagon Leslie
Actor:	Usuario.
Descripción:	Este caso de uso permite que el usuario mida la altura de tallo del maíz.
Pre-condición:	El usuario debe detectar un plano.
Flujo principal	<ol style="list-style-type: none"> 1. La aplicación muestra el splash screen. 2. La aplicación muestra una interfaz en la que el usuario debe seleccionar el/los meses de siembra que tiene su planta de maíz. 3. La aplicación muestra una referencia para que se detecte un plano. 4. La aplicación muestra una nube de puntos. 5. El usuario debe seleccionar en la barra desplegable “Medición de tallo”. 6. La aplicación muestra el mensaje “seleccione dos puntos”.

	<p>7. El usuario selecciona los puntos al inicio y final de la planta.</p> <p>8. La aplicación muestra la longitud de tallo del maíz.</p>
Pos-condición	La medición se realizó satisfactoriamente.

Tabla 16. Caso de uso a detalle medir diámetro de tallo del maíz.

N° 004	CU004
Nombre:	Medir diámetro de tallo del maíz.
Autores:	Llumiquinga Bryan, Tocagon Leslie
Actor:	Usuario
Descripción:	Este caso de uso permite que el usuario mida el diámetro de tallo del maíz.
Pre-condición:	El usuario debe detectar un plano.
Flujo principal	<ol style="list-style-type: none"> 1. La aplicación muestra el splash screen. 2. La aplicación muestra una interfaz en la que el usuario debe seleccionar el/los meses de siembra que tiene su planta de maíz. 3. La aplicación muestra una referencia para que se detecte un plano. 4. La aplicación muestra una nube de puntos. 5. El usuario debe seleccionar en la barra desplegable “Medición de tallo”.

	<ol style="list-style-type: none"> 6. La aplicación muestra el mensaje “seleccione dos puntos”. 7. El usuario selecciona los dos puntos. 8. La aplicación muestra el diámetro de tallo del maíz.
Pos-condición	La medición se realiza satisfactoriamente.

Tabla 17. Caso de uso a detalle determinar estado del maíz.

N° 0001	CU001
Nombre:	Determinar estado del maíz.
Autores:	Llumiquinga Bryan, Leslie Tocagon
Actor:	Usuario
Descripción:	Este caso de uso a detalle permite que el usuario conozca el estado del maíz.
Pre-condición:	El usuario debe medir la altura y diámetro de tallo del maíz.
Flujo principal	<ol style="list-style-type: none"> 1. La aplicación muestra el splash screen. 2. La aplicación muestra una interfaz en la que el usuario debe seleccionar el/los meses de siembra que tiene su planta de maíz. 3. La aplicación muestra una referencia para que se detecte un plano. 4. La aplicación muestra una nube de puntos.

	<p>5. El usuario debe seleccionar en la barra desplegable “Medición de tallo”.</p> <p>6. El usuario mide la altura y el diámetro de tallo de la planta de maíz.</p> <p>7. La aplicación muestra el estado de la planta.</p>
Pos-condición	La determinación del estado es correcta.

5.1.2.5 Diagrama de la Arquitectura de la Aplicación Móvil



Figura 12. Diagrama de la arquitectura de la aplicación móvil.

5.1.2.6 Historias de usuario

Tabla 18. HU1, detección de plano.

HISTORIA DE USUARIO			
Código HU:	HU1	Fecha:	4/1/2022
Sprint:	1	Prioridad:	Alta
Actores:	Usuario	Puntos:	3

Descripción: Como usuario quiero que la aplicación detecte un plano para reconocer el mundo.
Detalles de la HU: <ul style="list-style-type: none"> • El usuario ingresa a la aplicación. • El usuario debe seleccionar el número de mes/es que tiene su planta. • El usuario debe enfocar la cámara en un plano. • La aplicación muestra una nube de puntos.
Restricciones: Se puede realizar el proceso en celulares que cuenten con la tecnología ARCore.
Criterios de aceptación: <ul style="list-style-type: none"> • La aplicación debe detectar el plano para que se puedan realizar las mediciones.
DoD: <ul style="list-style-type: none"> • La prueba funcional de esta historia de usuario se realizó con éxito.

Tabla 19. HU2, medición de distancia de la cámara a la planta.

HISTORIA DE USUARIO			
Código HU:	HU2	Fecha:	5/1/2022
Sprint:	2	Prioridad:	Media
Actores:	Usuario	Puntos:	2
Descripción: Como usuario quiero que la aplicación mida la distancia entre la cámara y la planta para poder determinar una distancia idónea para medir la longitud y diámetro del tallo de la planta de maíz.			
Detalles de la HU: <ul style="list-style-type: none"> • El usuario ingresa a la aplicación. • El usuario debe seleccionar el número de mes/es que tiene su planta. • El usuario debe detectar un plano. • El usuario debe enfocar la cámara en la planta. • El usuario debe añadir un ancla en la planta. 			

<ul style="list-style-type: none"> • La aplicación muestra la distancia de la cámara a la planta.
Restricciones: Se puede realizar el proceso en celulares que cuenten con la tecnología ARCore.
Criterios de aceptación: <ul style="list-style-type: none"> • El ancla se debe insertar en la mitad de la planta.
DoD: <ul style="list-style-type: none"> • Se realizaron las pruebas de esta historia de usuario obteniendo un resultado favorable.

Tabla 20. HU3, medir la altura del maíz.

HISTORIA DE USUARIO			
Código HU:	HU3	Fecha:	6/1/2022
Sprint:	3	Prioridad:	Alta
Actores:	Usuario	Puntos:	3
Descripción: Como usuario quiero que la aplicación mida la altura de la planta de maíz para determinar el estado fenológico del cultivo.			
Detalles de la HU: <ul style="list-style-type: none"> • El usuario ingresa a la aplicación. • El usuario debe seleccionar el número de mes/es que tiene su planta. • El usuario debe detectar un plano. • El usuario coloca los puntos referenciales en el inicio y fin del tallo de la planta. • La aplicación muestra la altura del tallo de la planta de maíz. 			
Restricciones: Se puede realizar el proceso en celulares que cuenten con la tecnología ARCore.			
Criterios de aceptación: <ul style="list-style-type: none"> • Los puntos referenciales deben colocarse exactamente en el inicio y fin del tallo de la planta de maíz. 			

<p>DoD:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Una vez realizada la prueba de la historia de usuario se obtuvo un resultado favorable.
--

Tabla 21. HU4, medir diámetro de tallo.

HISTORIA DE USUARIO			
Código HU:	HU4	Fecha:	7/1/2022
Sprint:	4	Prioridad:	Alta
Actores:	Usuario	Puntos:	3
Descripción: Como usuario quiero que la aplicación permita medir el diámetro de tallo de la planta de maíz para determinar el estado fenológico del cultivo.			
Detalles de la HU:			
<ul style="list-style-type: none"> • El usuario ingresa a la aplicación. • El usuario debe seleccionar el número de mes/es que tiene su planta. • El usuario detecta un plano. • El usuario coloca los puntos referenciales en el tallo. • La aplicación muestra el diámetro de tallo. 			
Restricciones: Se puede realizar el proceso en celulares que cuenten con la tecnología ARCore.			
Criterios de aceptación:			
<ul style="list-style-type: none"> • Los puntos referenciales deben colocarse exactamente en los puntos límites del ancho de la planta. 			
DoD:			
<ul style="list-style-type: none"> • Se realizaron las pruebas de la historia de usuario y los resultados fueron favorables. 			

Tabla 22. HU5, mostrar estado del maíz.

HISTORIA DE USUARIO

Código HU:	HU5	Fecha:	10/1/2022
Sprint:	5	Prioridad:	Media
Actores:	Usuario	Puntos:	3
Descripción: Como usuario quiero que aplicación muestre el estado de la planta para tomar decisiones en la aplicación de productos o riego.			
Detalles de la HU:			
<ul style="list-style-type: none"> • El usuario ingresa a la aplicación. • El usuario debe seleccionar el número de mes/es que tiene su planta. • El usuario detecta un plano. • El usuario realiza la medición de la longitud y diámetro del tallo. • La aplicación muestra el estado de la planta. 			
Restricciones:			
<ul style="list-style-type: none"> • El estado mostrado por la aplicación será confiable solo si la planta medida es maíz. 			
Criterios de aceptación:			
<ul style="list-style-type: none"> • El estado del maíz debe concordar con la edad de la planta. 			
DoD:			
<ul style="list-style-type: none"> • La prueba funcional de esta historia de usuario se realizó con éxito. 			

5.1.3 Fase 3: Producción

5.1.3.1 Icono de la aplicación

La figura 9 muestra el icono de la aplicación el cual fue diseñado en Illustrator.



Figura 13. Icono de la aplicación.

Una vez realizado los requisitos se procedió analizarlos para luego desarrollar las interfaces de la aplicación móvil. A continuación, se muestran las interfaces:

5.1.3.2 Interfaz detección de plano

Se puede observar en la figura 18 la interfaz de la cámara, esta muestra una referencia para que el usuario detecte un plano. Una vez que se detecte el plano aparece una nube de puntos.



(a) Referencia para detección de plano



(b) Nube de puntos

Figura 14. Detección de plano.

5.1.3.3 Interfaz medición de distancia cámara-planta

Una vez que el usuario detecte el plano y aparezca la nube de puntos el usuario puede añadir un ancla que permitirá el cálculo de la distancia de la cámara al plano esto para poder ubicar a la cámara a una distancia idónea para que las mediciones de la longitud y diámetro de tallo sean más precisas, esto se puede observar en la Figura 19.



Figura 15. Medición distancia de cámara a planta.

Las mediciones del tallo de la planta se realizaron de forma horizontal y sobre una superficie plana y oscura esto debido a que la aplicación detecta mejor planos horizontales.

5.1.3.4 Interfaz Medición longitud de tallo del maíz

Para medir la altura del tallo se deben seleccionar dos puntos en el inicio y fin del tallo, como se observa en las Figuras 20.

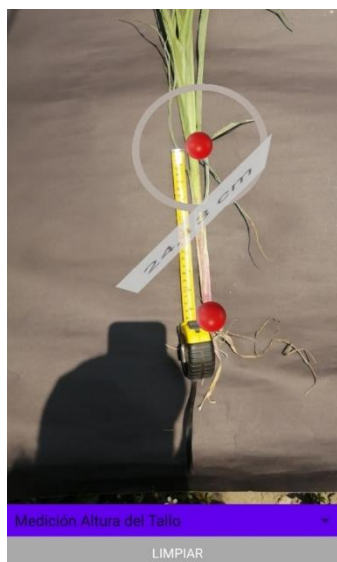


Figura 16. Medición de longitud de tallo.

5.1.3.5 Interfaz medición de diámetro de tallo del maíz

Al igual que la medición de tallo el usuario debe seleccionar dos puntos en este caso en el ancho de la planta para que la aplicación muestre el valor del diámetro en centímetros.

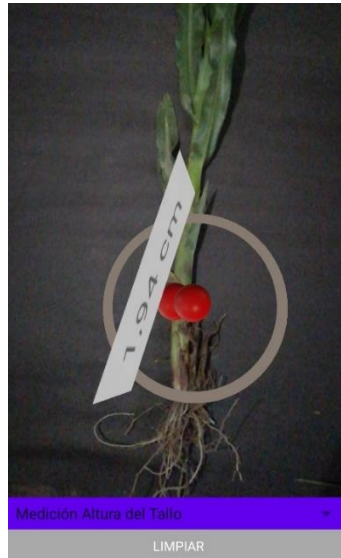


Figura 17. Medición de diámetro de tallo.

5.1.3.1 Interfaz determinación del estado de la planta de maíz

Para la determinación del estado de planta de maíz se consideraron la altura mínima de la planta en cada mes.



(a) Planta con altura adecuada (b) Planta con altura inadecuada

Figura 18. Determinación de estado del maíz.

5.1.4 Fase 4: Estabilización

En la fase de estabilización se presenta la codificación de las funcionalidades presentadas para una ejecución exitosa del proyecto.

5.1.4.1 Detección de Plano

```
override fun onCreate(savedInstanceState: Bundle?) {
    super.onCreate(savedInstanceState)
    if (!checkIsSupportedDeviceOrFinish(this)) {
        Toast.makeText(applicationContext, "Dispositivo no Compatible", Toast.LENGTH_LONG)
            .show()
    }

    setContentView(R.layout.activity_main)
    val distanceModeArray = resources.getStringArray(R.array.distance_mode)
    distanceModeArray.map{it->
        distanceModeArrayList.add(it)
    }
}
```

Figura 19. Código detección de plano.

Para la detección del plano de tomo en cuenta una validación del dispositivo si es o no compatible con la realidad aumentada, si en su caso si es compatible la aplicación accede a las funciones antes mencionadas, de lo contrario aparece un mensaje dando a conocer que el dispositivo que se está utilizando no es compatible para el uso de la aplicación.

5.1.4.2 Medición distancia Cámara-Planta

```
private fun MedirDistanciaCamara( ){
    val frame = arFragment!!.arSceneView.arFrame
    if (placedAnchorNodes.size >= 1) {
        val distanceMeter = calculateDistance(
            placedAnchorNodes[0].worldPosition,
            frame!!.camera.pose)
        MedirDistanciaCamara(distanceMeter)
    }
}
```

Figura 20. Código distancia de la cámara-planta.

Se ha determinado que la distancia de la cámara es un punto muy importante para obtener una medición de la longitud y de diámetro del Maíz.

5.1.4.3 Medición de altura de tallo del Maíz

```
private fun MedirAlturaTallo(){
    val estado=15.00F
    //val listItems = arrayOf("Un Mes", "Dos Meses", "Tres Meses")
    if (placedAnchorNodes.size == 2) {
        val distanceMeter = calculateDistance(
            placedAnchorNodes[0].worldPosition,
            placedAnchorNodes[1].worldPosition)
        if ((distanceMeter*100)>estado)
        {
            txtEstado.setBackgroundColor(Color.parseColor("#008000"))
            txtEstado.setText("Planta en Buen Estado")
        }
        else
        {
            txtEstado.setText("Planta en Mal Estado")
            txtEstado.setBackgroundColor(Color.parseColor("#FF0000"))

            /*AlertDialog.Builder(this ).apply {
                setTitle("Recomendación")
                setMessage("Consulte con un Ingeniero Agrónomo para mejorar el estado de su
planta.")

            }.show()*/
        }
        MedirAlturaTallomeasureDistanceOf2Points(distanceMeter)
    }
}
```

Figura 21. Código medición de altura de tallo del maíz.

Para determinar la altura del tallo de la planta de Maíz se ha optado por crear una función de medición entre dos puntos para conocer la longitud del maíz a través de dos anclas determinadas como puntos de referencia tanto de inicio como del final de la medición.

5.1.4.4 Medición del Diámetro del Maíz

```
private fun MedirDiametro(){

    if (placedAnchorNodes.size == 2) {
        val distanceMeter = calculateDistance(
            placedAnchorNodes[0].worldPosition,
            placedAnchorNodes[1].worldPosition)

        MedirDiametro(distanceMeter)
    }
}
```

Figura 22. Código medición del diámetro de tallo.

La función creada para la medición del diámetro de tallo es la igual que la de la altura.

5.1.4.5 Determinación del estado de la planta de maíz

```

private fun Mes1()
{
    val estado1=0.90F
    if (placedAnchorNodes.size == 2) {
        val distanceMeter = calculateDistance(
            placedAnchorNodes[0].worldPosition,
            placedAnchorNodes[1].worldPosition
        )
        if ((distanceMeter * 100) >= estado1) {
            txtEstado.setBackgroundColor(Color.parseColor("#008000"))
            txtEstado.setText("Planta en Buen Estado")
        } else {
            txtEstado.setText("Planta en Mal Estado")
            txtEstado.setBackgroundColor(Color.parseColor("#FF0000"))
        }
    }
    measureDistanceOf2Points(distanceMeter)
}
}

```

Figura 23. Código determinación de estado del maíz.

Se crearon funciones para cada uno de los meses, en cada mes se especificó la altura mínima que debe tener el tallo para que su estado sea bueno.

5.1.5 Fase 5: Pruebas

Los casos de prueba presentados a continuación están aplicados a cada uno de los casos de uso a detalle bajo la normativa de la IEEE-829.

Tabla 23. CPHU1, detección de plano.

Historia de usuario: HU1		Autor de caso prueba: Tocagon Leslie	
ID/Nombre de caso prueba: CP001		Fecha de creación: 17/1/2022	
Versión 1.0		Fecha de ejecución: 25/1/2022	
Flujo de pasos prueba:			
Nro.	Descripción del paso	Resultado esperado	Resultado obtenido
1	La aplicación detecta un plano y muestra una nube de puntos.	La aplicación detecta un plano y muestra la nube de puntos.	La aplicación detecto el plano y mostro a nube de puntos.
2	El plano no es detectado	La aplicación no muestra la nube de puntos.	La aplicación si detecto un plano.

Decisión de aprobación del caso de prueba: Aprobó: <input type="checkbox"/> _x_Fallo: <input type="checkbox"/>		
Nombre y firma del probador	Tocagon Leslie	
Nombre y forma del cliente		
Fecha de aprobación del caso prueba: 4/2/2022		

Tabla 24. CPHU2, medición de distancia cámara-planta.

Historia de usuario: HU2		Autor de caso prueba: Tocagon Leslie	
ID/Nombre de caso prueba: CP002		Fecha de creación: 17/1/2022	
Versión 1.0		Fecha de ejecución: 27/1/2022	
Flujo de pasos prueba:			
Nro.	Descripción del paso	Resultado esperado	Resultado obtenido
1	La aplicación mide a distancia de la cama a la planta de maíz	La aplicación permite insertar el ancla y muestra la distancia de la cámara al maíz	La aplicación realiza la medición satisfactoriamente.
2	La aplicación no mide la distancia de la cámara a la planta	La aplicación no permite la medición de la distancia de la cámara a la planta	La aplicación si realiza la medición
Decisión de aprobación del caso de prueba: Aprobó: <input type="checkbox"/> _x_Fallo: <input type="checkbox"/>			
Nombre y firma del probador	Tocagon Leslie		
Nombre y forma del cliente			
Fecha de aprobación del caso prueba: 4/2/2022			

Tabla 25. CPHU3, medir la longitud de maíz.

Historia de usuario: HU3		Autor de caso prueba: Tocagon Leslie	
ID/Nombre de caso prueba: CP003		Fecha de creación: 18/1/2022	
Versión 1.0		Fecha de ejecución: 27/1/2022	

Flujo de pasos prueba:			
Nro.	Descripción del paso	Resultado esperado	Resultado obtenido
1	La aplicación permite insertar las anclas y muestra la longitud del maíz.	La aplicación permite insertar las anclas y muestra la longitud del maíz.	La aplicación si permite insertar las anclas y muestra la longitud del maíz.
2	No se pueden insertar las anclas	La aplicación no permite insertar las anclas.	La aplicación permite medir la longitud de la planta de maíz.
Decisión de aprobación del caso de prueba: Aprobó: <input type="checkbox"/> _x_ Fallo: <input type="checkbox"/> __			
Nombre y firma del probador		Tocagon Leslie	
Nombre y forma del cliente			
Fecha de aprobación del caso prueba: 7/2/2022			

Tabla 26. PHU4, medir el diámetro de tallo.

Historia de usuario: HU4		Autor de caso prueba: Tocagon Leslie	
ID/Nombre de caso prueba: CP04		Fecha de creación: 18/1/2022	
Versión 1.0		Fecha de ejecución: 27/1/2022	
Flujo de pasos prueba:			
Nro.	Descripción del paso	Resultado esperado	Resultado obtenido
1	La aplicación permite insertar las anclas y muestra el diámetro de tallo del maíz.	La aplicación muestra el diámetro de tallo del maíz.	La aplicación si muestra el diámetro de tallo del maíz.
2	La aplicación no permite insertar las anclas.	No se puede medir el diámetro de tallo del maíz.	La aplicación permitió medir el diámetro de tallo del maíz.
Decisión de aprobación del caso de prueba: Aprobó: <input type="checkbox"/> _x_ Fallo: <input type="checkbox"/> __			
Nombre y firma del probador		Tocagon Leslie	

Nombre y forma del cliente		
Fecha de aprobación del caso prueba: 7/2/2022		

Tabla 27. PHU5, mostrar estado del maíz.

Historia de usuario: HU5		Autor de caso prueba: Tocagon Leslie	
ID/Nombre de caso prueba: CP05		Fecha de creación: 19/1/2022	
Versión 1.0		Fecha de ejecución: 2/2/2022	
Flujo de pasos prueba:			
Nro.	Descripción del paso	Resultado esperado	Resultado obtenido
1	La aplicación muestra el estado del maíz correcto.	La aplicación debe mostrar el estado del maíz.	La aplicación muestra el estado del maíz.
2	La aplicación muestra el estado del maíz incorrecto.	La aplicación muestra el estado del maíz incorrecto.	La aplicación muestra el estado del maíz.
	La aplicación no muestra el estado del maíz.	La aplicación no muestra el estado del maíz.	La aplicación muestra el estado del maíz.
Decisión de aprobación del caso de prueba: Aprobó: <input type="checkbox"/> _x_ Fallo: <input type="checkbox"/> _			
Nombre y firma del probador	Tocagon Leslie		
Nombre y forma del cliente			
Fecha de aprobación del caso prueba: 9/2/2022			

5.2 ANÁLISIS COMPARATIVO DE ESTADOS DE CRECIMIENTO

En la siguiente tabla se muestran las medidas mínimas y máximas que tiene una planta de maíz de mes a mes.

MES	ALTURA MÁXIMA (cm)	ALTURA MÍNIMA (cm)	DIÁMETRO MÁXIMO (cm)	DIÁMETRO MÍNIMO (cm)

1	6,5	0,9	1,2	0,4
2	34,3	5	2,2	0,9
3	61,5	9,9	2,7	1,2

5.3 RESULTADOS DE LA MEDICIÓN DE LA ALTURA Y DIÁMETRO DE LA PLANTA DE MAIZ.

Calculamos el error en las mediciones tanto de la altura como el diámetro aplicando el error cuadrático medio mostrado en la figura 24.

$$RMSE = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(\hat{y}_i - y_i)^2}{n}}$$

Figura 24. Fórmula RMSE [33].

Para el cálculo del error se tomaron 20 muestras de las cuales se obtuvo mediante un flexómetro la altura y el diámetro del tallo reales y con la aplicación se determinó las medidas estimadas.

Tabla 28. Datos para el cálculo de RMSE.

Nº	LONGITUD REAL (Centímetros)	LONGITUD APLICACIÓN (Centímetros)	DIÁMETRO REAL (Centímetros)	DIÁMETRO APLICACIÓN (Centímetros)	ANEXO
1	33,5	33,12	1,6	1,53	Muestra_1
2	37	37,68	1,2	1,19	Muestra_2
3	36	35,73	1,7	1,79	Muestra_3
4	33,5	35,25	2	2,58	Muestra_4
5	27,5	27,85	1,6	1,98	Muestra_5
6	26,26	27,4	1,8	1,62	Muestra_6
7	38,5	38,7	2	2	Muestra_7
8	29,5	29,36	1,5	1,99	Muestra_8
9	26	26,81	1,5	1,65	Muestra_9

10	34,5	36,16	1,8	1,54	Muestra_10
11	37,2	36,87	1,9	1,97	Muestra_11
12	27,5	28,12	1,2	1,80	Muestra_12
13	22,5	22,21	1,9	1,35	Muestra_13
14	17,7	17,97	1,1	1,4	Muestra_14
15	31	31,17	1,7	2,63	Muestra_15
16	30,1	31,72	1,2	1,75	Muestra_16
17	28,4	26,52	1,9	1,92	Muestra_17
18	31,1	32,02	1,2	1,37	Muestra_18
19	22,2	23,2	1,5	1,4	Muestra_19
20	25,5	25,12	1,1	1,3	Muestra_20

Tabla 29. Cálculo del RMSE.

N°	ALTURA		DIÁMETRO	
	X	X ²	X	X ²
1	0,38	0,1444	0,07	0,0049
2	-0,68	0,4624	0,01	0,0001
3	0,27	0,0729	-0,09	0,0081
4	-1,75	3,0625	-0,58	0,3364
5	-0,35	0,1225	-0,38	0,1444
6	-1,14	1,2996	0,18	0,0324
7	-0,2	0,04	0	0
8	0,14	0,0196	-0,49	0,2401
9	-0,81	0,6561	-0,15	0,0225
10	-1,66	2,7556	0,26	0,0676
11	0,33	0,1089	-0,07	0,0049
12	-0,62	0,3844	-0,6	0,36

13	0,29	0,0841	0,55	0,3025
14	-0,27	0,0729	-0,3	0,09
15	-0,17	0,0289	-0,93	0,8649
16	-1,62	2,6244	-0,55	0,3025
17	1,88	3,5344	-0,02	0,0004
18	-0,92	0,8464	-0,17	0,0289
19	-1	1	0,1	0,01
20	0,38	0,1444	-0,2	0,04
TOTAL		17,4644	TOTAL	2,8606
RMSE ALTURA		0,87322	RMSE DIÁMETRO	0,14303

5.4 PRESUPUESTO

5.4.1 Estimación de costo de desarrollo de software por puntos de historia

Tabla 30. Datos para la estimación de costos.

DATOS	VALOR
Mensual programador (M)	1700
Días laborables (dl)	20
Horas laborables (hl)	8
Horas trabajadas (ht)	13
Total de puntos de historia (tph)	7

5.4.1.1 Variables

pph= precio por hora

cdd= costo de desarrollo

5.4.1.2 Cálculo

$pph = (M/20)/hl$

$pph = (1700/20)/8$

pph=10,62

$$CD=(tph*ht)pph$$

$$CD=(13*7)10,62$$

$$CD=966,42$$

Entonces el costo para desarrollo de software es de \$966,42

5.4.2 Gastos

Para el presupuesto se incluyen gastos de implementación del proyecto de investigación de acuerdo con los rubros:

- Directos.
- Indirectos.

5.4.2.1 Gastos directos

Tabla 31. Gastos directos.

Rubro	Cantidad	V. Unitario \$	V. Total \$
Desarrollo de software	1	966,42	966,42
Servicio de luz	4	20,00	80,00
Servicio de internet	4	23,00	92,00
Play Store	1	25,00	25,00
Láminas de cartulina	20	0,15	3,00
Cinta métrica	1	1,00	1,00
Esferos	2	0,45	0,90
Total, USD			\$1168,32

5.4.2.2 Gastos indirectos

Tabla 32. Gastos indirectos.

Rubro	Cantidad	V. Unitario \$	V. Total \$
Alimentación	80	2,00	160,00
Comunicación (Recargas)	8	5,00	40,00
Transporte (Pasajes)	40	0,30	12,00
Impresiones	500	0,10	50,00

Rubro	Cantidad	V. Unitario \$	V. Total \$
Mascarillas	3	2,00	6,00
Alcohol	1	5,00	5,00
Total, USD			\$273,00

5.4.2.3 Gasto general

Tabla 33. Gasto general.

Gastos directos	\$1168,32
Gastos indirectos	\$273,00
Gasto total	\$1441,32
Gastos Imprevistos 12%	\$172,96
Presupuesto Total	\$1614,28

5.5 VALIDACIÓN DE LA HIPÓTESIS

5.5.1 Juicio de experto

Con el fin de validar la hipótesis se aplicó el juicio de expertos, al Ingeniero Agrónomo Francisco Hérmán Chancusig docente de la facultad de CAREN de la Universidad Técnica de Cotopaxi. El experto evaluó el funcionamiento de la aplicación con respecto a los siguientes aspectos: medición de altura y diámetro de tallo y determinación del estado del maíz amarillo, esto mediante un cuestionario (ver anexo 5).

Una vez aplicado el cuestionario se tuvo una valoración en las preguntas de 4 a 6 y recomendaciones para una mejor formulación de las preguntas. De acuerdo al experto la aplicación cumple eficientemente sus principales funcionalidades (Medición de altura, diámetro de tallo), sin embargo, para el experto la planta debe ser evaluada siempre in situ ya que la altura y diámetro de tallo es solo uno de los parámetros a evaluar para poder determinar el estado de la planta.

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

- La revisión bibliográfica realizada permitió estructurar el marco teórico, a su vez elegir la herramienta para medición de altura y diámetro del tallo como es el SDK ARCore que analiza, detecta su entorno y entiende el espacio que lo rodea.

- Durante el proceso de la investigación se realizaron las mediciones de las plantas de maíz de manera manual en donde se obtuvieron valores mínimos y máximos, los cuales fueron usados para determinar el estado de la planta.
- Una vez realizadas las pruebas se estableció que es factible realizar mediciones mediante la aplicación móvil con realidad aumentada, pues las mediciones que se realizan son directas y de acuerdo a los cálculos el error es mínimo.

6.2 RECOMENDACIONES

- Revisar libros y artículos de realidad aumentada en los cuales se empleen nuevas técnicas o herramientas que ayuden con la mejora de la investigación y prototipo.
- A partir de este prototipo se pueden realizar nuevas aplicaciones que tomen en cuenta otros parámetros para poder determinar el estado de crecimiento de la planta de maíz y establecer una ayuda más específica para el agricultor.
- Las mediciones que se realicen con la aplicación deben ser una distancia de 63cm de la planta y el lugar debe tener una iluminación buena, esto para mejorar la precisión del cálculo de la longitud y diámetro de tallo de la planta.

7 BIBLIOGRAFÍA

- [1] M. Barquero Cabrero, «Las apps como nuevo soporte de interacción entre la entidad universitaria y sus stakeholders,» *Redalyc*, vol. XXXII, n° 11, pp. 15-33, 2016.
- [2] El productor, «Espectativas de la cosecha de maíz 2019,» *El productor*, n° 29, 2019.
- [3] V. J. Rojano Guamani, G. L. Jaramillo Tenezaca, K. S. Cantuña Flores, G. A. Saldoval Ruilova y J. M. Bengochea Guevara , «Desarrollo de una aplicación móvil para el monitoreo de la frnometría del maíz amarillo, en la sierra centarl ecuatoriana,» 2021.
- [4] La Hora, « El wayunka de maíz, una costumbre presente en Patután,» *La Hora*, p. 16, 13 Septiembre 2018.
- [5] A. E. Badillo Herrera, «Repositorio digital unl,» 12 Enero 2016. [En línea]. Available:
<https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/10735/1/INFORME%20FIN>

- AL%20DE%20TESIS%20MAIZ%20%2012-01-2016.pdf. [Último acceso: 4 Enero 2022].
- [6] Dirección de Desarrollo Tecnológico Agrario -DDTA, Manual tecnico del cultivo de maiz amarillo duro, Lima: INIA, 2020.
- [7] Hernández Nopsa John Fredy, «Repositorio Iniap,» 7 Octubre 2019. [En línea]. Available:
<https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5457/1/iniapepdf62.pdf>.
[Último acceso: 4 Enero 2022].
- [8] X. M. Guillín Llanos, J. A. Carmigniani Macías, J. P. Naranjo Mendoza y E. F. Zambrano Zambrano, «Evaluación socioeconómica de la producción de maiz en la zona norte de la provincia de Los Ríos,» *Journal of Business and entrepreneurial*, vol. IV, nº 2, pp. 76-85, 2020.
- [9] E. Alegre Gutiérrez, G. Pajares Martinsanz y . A. De la Escalera Hueso, Conceptos y métodos en Visión por Computador, España: Comité español de automática, 2016.
- [10] A. Cortés Vidal, «Repositorio Institucional ADDI,» 30 Diciembre 2020. [En línea]. Available:
https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/50879/TESIS_CORTES_VIDAL_ANDONI.pdf?sequence=1&isAllowed=y. [Último acceso: 22 Febrero 2022].
- [11] J. Cabero Almenara, J. Barroso Osuna y M. Obrador, «Realidad aumentada aplicada a la enseñanza de la medicina,» *ELSEVIER*, vol. XVIII, nº 3, pp. 203-208, 2016.
- [12] I. M. Melo Bohórquez, «Realidad aumentada y aplicaciones,» *TIA*, vol. VI, nº 1, pp. 28-35, 2018.
- [13] J. Barroso Osuna y Ó. Gallego Pérez, «Realidad aumentada y su aplicación en la educación superior,» *Revista del Salome*, vol. 1, nº 2, pp. 111-124, 2016.
- [14] A. Blázquez Sevilla, «Archivo digital UPM,» 23 Mayo 2017. [En línea]. Available:
https://oa.upm.es/45985/1/Realidad_Aumentada__Educacion.pdf. [Último acceso: 7 Enero 2022].

- [15] M. J. Pionce Tasipanta y A. P. Roldan Daquilema, «Repositorio Utc,» Marzo 2021. [En línea]. [Último acceso: 10 Enero 2022].
- [16] J. Maquilón Sánchez, A. B. Mirete Ruiz y M. Áviles Olmos, «La realidad aumentada (RA). Recursos y propuestas para la innovación educativa,» *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, vol. XX, nº 2, pp. 183-203, 2017.
- [17] D. C. Altamirano Andrade, «Repositorio digital UTA,» Agosto 2017. [En línea]. Available:
https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/26425/1/Tesis_t1311si.pdf.
 [Último acceso: 10 Enero 2022].
- [18] D. Robledo, *Desarrollo para aplicaciones para android I*, Madrid: Ministerio de educación y formacion profesional, 2016.
- [19] C. P. Vega Niama y B. O. Obando Acosta, «Repositorio PUCE,» Julio 2017. [En línea]. Available:
<http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/14415/Disertaci%C3%B3n%20Obando-%20Vega%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [Último acceso: 10 Enero 2022].
- [20] M. Lidon, *Unity 3D*, Barcelona: Alfaomega Grupo Editor, 2019.
- [21] D. M. Maldonado Jiménez y J. Sandoval Ferrandis, «Repositorio Universidad computense madrid,» Septiembre 2017. [En línea]. Available:
<https://eprints.ucm.es/id/eprint/45246/1/Desarrollo%20y%20edici%C3%B3n%20de%20juegos%20serios%20con%20Unity%20y%20E-Adventure.pdf>. [Último acceso: 11 Enero 2022].
- [22] ARCore, «ARCore,» 19 Agosto 2021. [En línea]. Available:
<https://developers.google.com/ar/develop/fundamentals>. [Último acceso: 5 Febrero 2022].
- [23] M. Muñoz Sajama, R. Cornejo Mejías, D. Aracena Pizarro y M. Navarrete Álvarez, «Una aplicación de Realidad Aumentada para recorrer el sitio patrimonial “Aldea de San Lorenzo”,» *Scielo*, vol. XXVI, pp. 65-76, 2018.

- [24] Á. Caiza Infante, D. Robayo Jácome y R. P. Medina Chicaiza, «Reconocimiento de fachadas mediante realidad aumentada como medio publicitario,» *3C Tecnología*, vol. V, n° 2, pp. 54-64, 2016.
- [25] Wikitude, «Wikitude see more,» Qualcomm, 2019. [En línea]. Available: <https://www.wikitude.com/sdk-de-realidad-aumentada/>. [Último acceso: 13 Enero 2022].
- [26] E. I. Ibaça Del pino, «Repositorio Bibliotecas UdeC,» Abril 2019. [En línea]. Available: http://repositorio.udec.cl/jspui/bitstream/11594/401/1/Tesis_Desarrollo_de_una_Aplicacion_movil.pdf. [Último acceso: 11 Enero 2022].
- [27] K. Miroslav , «Excel Fit,» 2019. [En línea]. Available: <http://excel.fit.vutbr.cz/submissions/2019/049/49.pdf>. [Último acceso: 22 01 2022].
- [28] M. Cequeira, A. P. Magalhaes, H. Saba y J. Eduardo, «A Software Development Process for Super Agile Projects,» *ACM DIGITAL LIBRARY*, n° 51, pp. 1-8, 2018.
- [29] O. Rodríguez Valdés, R. Socorro Llanes y C. M. Legón, «Seguridad y usabilidad de los esquemas y técnicas de autenticación gráfica,» *Scielo*, vol. XII, pp. 13-27, 2018.
- [30] C. A. Muñoz Muñoz, «Repositorio digital UNACH,» 30 Octubre 2020. [En línea]. Available: <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/7073>. [Último acceso: 12 Enero 2022].
- [31] B. A. Jiménez Lituma, «Repositorio digital UTA,» Junio 2017. [En línea]. Available: <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/25789>. [Último acceso: 12 Junio 2022].
- [32] . P. Fahsen, «Translator Cafe,» 1 Febrero 2017. [En línea]. Available: <https://www.translatorscfe.com/unit-converter/es-ES/calculator/two-points-distance/?D=2&x1=3&y1=3.5&x2=-5.1&y2=-5.2>. [Último acceso: 16 Febrero 2022].

[33] W. Wheeler, «Medium,» 16 Junio 2021. [En línea]. Available: <https://medium.com/wwblog/evaluating-regression-models-using-rmse-and-r%C2%B2-42f77400efee>. [Último acceso: 16 Febrero 2022].

8 ANEXOS

8.1 ANEXO 1: MEDICIÓN DE ALTURA Y DIÁMETRO DE TALLO



Figura 25. Anexo: Medición altura y diámetro de tallo.

8.2 ANEXO 2: PRUEBAS DE LA APLICACIÓN





Figura 26. Pruebas de la aplicación.

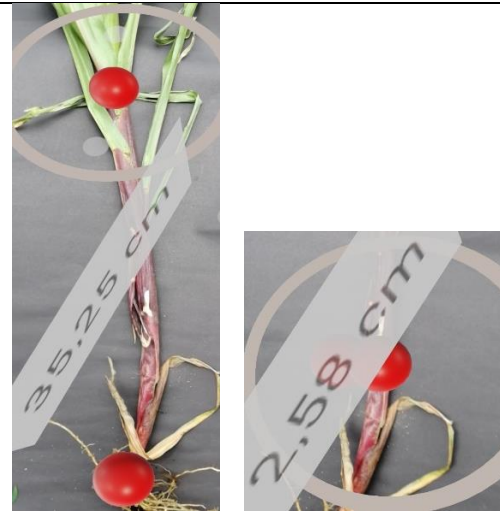
8.3 ANEXO: MUESTRAS

Muestra_1	Muestra_2

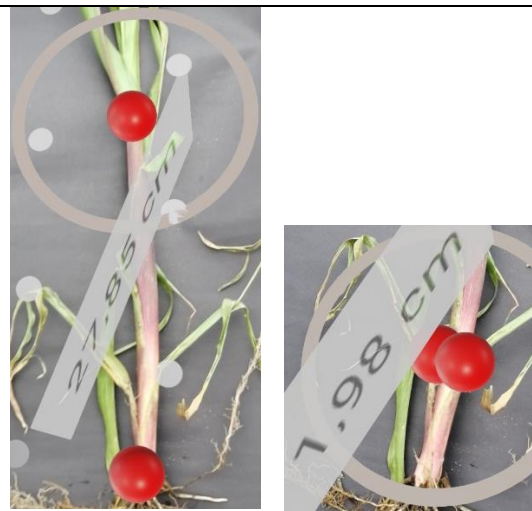
Muestra_3



Muestra_4



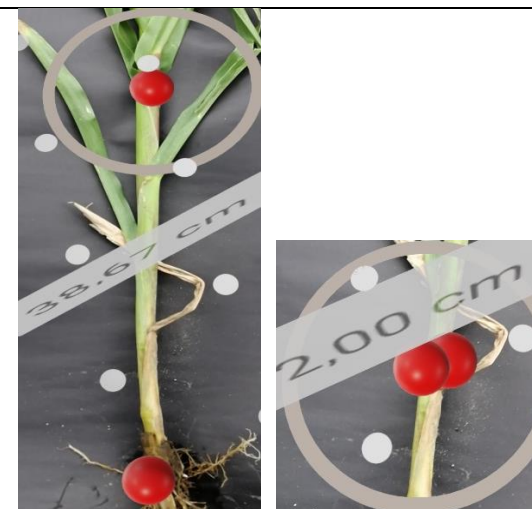
Muestra_5



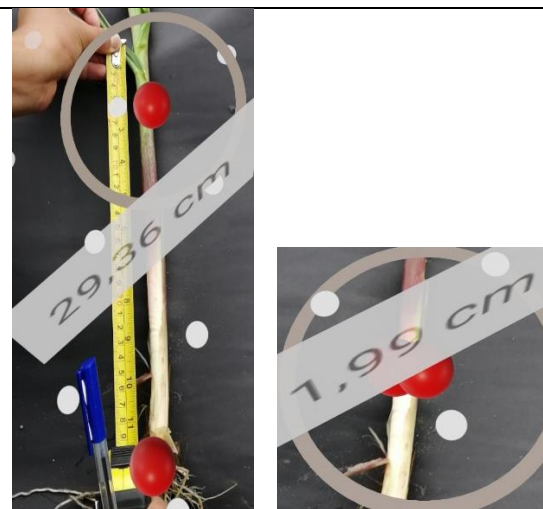
Muestra_6



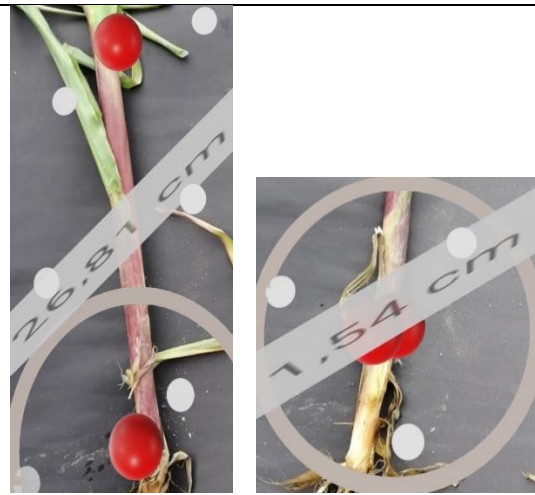
Muestra_7



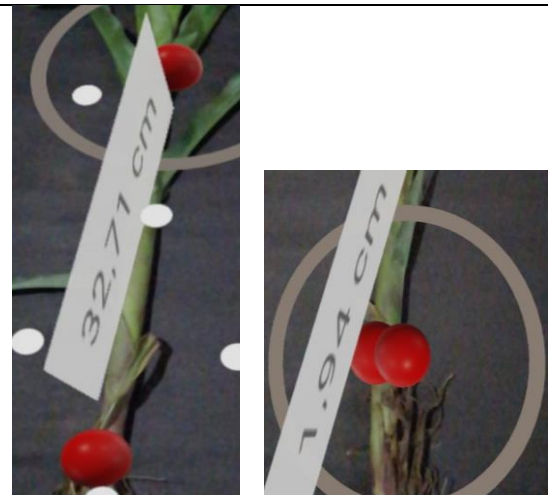
Muestra_8



Muestra_9



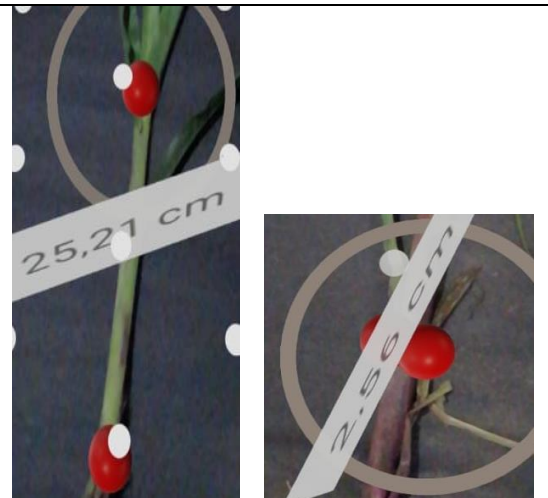
Muestra_10



Muestra_11



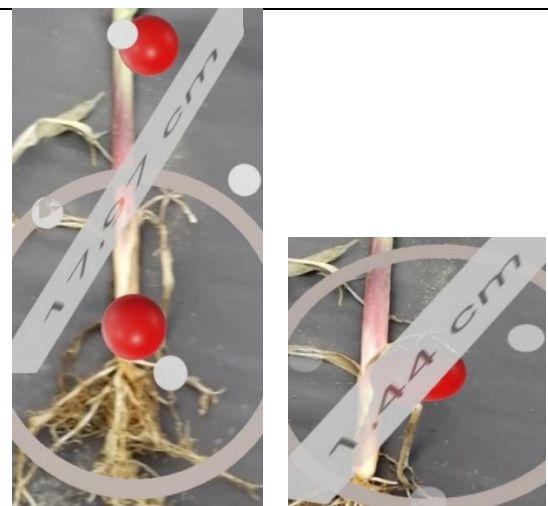
Muestra_12



Muestra_13



Muestra_14



Muestra_15



Muestra_16



Muestra_17



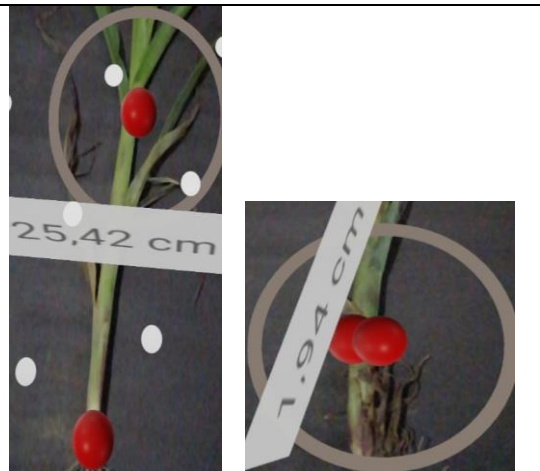
Muestra_18



Muestra_19



Muestra_20



8.4 ANEXO: CERTIFICADO



Carrera de
Agronomía
DOCENTE

Latacunga, a 24 de febrero de 2022

FCH-006-2022

Sra. Ing.
Karla Cantuña Mg
DOCENTE DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y APLICADAS
Presente. -


De mi consideración:

Por este medio expresarle un cordial y atento saludo, desearle éxitos en sus delicadas funciones a usted encomendadas, Srta. Ing. pongo en su conocimiento que las plantas de maíz amarillo cultivadas en el barrio Patután, Parroquia Eloy Alfaro como parte del trabajo de Titulación denominado "Desarrollo de una aplicación móvil para el monitoreo del estado de crecimiento del maíz amarillo en la sierra centro mediante la medición de altura y diámetro de tallo" y ejecutado los Sres. Postulantes Leslie Isela Tocagon Espinosa y Bryan Stalin Llumiquinga Añarumba tiene las medidas de altura y diámetro adecuadas para el estado fenológico en el que se encuentran.

Se entrega el presente certificado para acreditar que las mediciones son las apropiadas para determinar el estado de la planta.

Particular que pongo en su conocimiento para los fines pertinentes.

"Por la Vinculación de la Universidad con el Pueblo"


Ing. Agr. Francisco Chancusig Mg.
DOCENTE UTC

Latacunga - Ecuador

Av. Simón Rodríguez s/n Barrio El Ejido / San Felipe, Tel: (03) 2252346 - 2252307 - 2252205

8.5 ANEXO: INSTRUMENTO APLICADO A EXPERTOS



INGENIERÍA EN INFORMÁTICA Y SISTEMAS COMPUTACIONALES

VALIDACIÓN POR EXPERTOS

TEMA:

DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN MÓVIL PARA EL MONITOREO DEL
ESTADO DE CRECIMIENTO DEL MAÍZ AMARILLO EN LA SIERRA
CENTRO MEDIANTE LA MEDICIÓN DE LA ALTURA Y DIÁMETRO DE
TALLO.

ESTUDIANTES:

Tocagon Espinosa Leslie Isela
Llumiyinga Añarumba Bryan Stalin

TUTORA:

Mg. Cantuña Flores Karla Susana

CONTENIDO

1. Título	3
2. Resumen	3
3. Objetivos: General y específicos	3
Objetivo general.....	3
Objetivos específicos.....	3
4. Hipótesis	3
FORMULARIO.....	4

TÍTULO, RESUMEN, OBJETIVOS E HIPÓTESIS

1. Título

Desarrollo de una aplicación móvil para el monitoreo del estado de crecimiento del maíz amarillo en la sierra centro mediante la medición de la altura y diámetro de tallo

2. Resumen

El presente proyecto de investigación analiza diferentes técnicas y métodos para realizar mediciones con realidad aumentada, con el fin de desarrollar una aplicación que permite medir la altura y diámetro de tallo de una manera fácil, además determinar el estado del maíz, esto mediante la comparación entre mediciones realizadas con ayuda de la App y datos obtenidos semanalmente de plantas previamente sembradas en un lote de 500 metros cuadrados. La técnica empleada para la medición de la planta de maíz se basó básicamente en el uso de la tecnología ARCore y la distancia euclidiana. Para determinar la precisión de las mediciones realizadas se empleó el estimador error cuadrático medio sobre una muestra de 20 plantas de maíz obteniendo una desviación estándar de varianza de 0,86 centímetros para la altura y de 0,14 centímetros para el diámetro del tallo de maíz.

3. Objetivos: General y específicos

Objetivo general

Implementar una técnica eficiente sobre medición de objetos a través de un prototipo con realidad aumentada para determinar el estado del maíz en base a la altura y diámetro del tallo.

Objetivos específicos

- Definir las bases teóricas acerca de realidad aumentada, maíz amarillo, técnicas de medición de objetos y metodología Mobile-D mediante la revisión bibliográfica para la elaboración del marco teórico.
- Obtener información de campo aplicando la observación experimental para identificar las diferentes etapas de crecimiento del maíz amarillo en Patután.
- Diseñar un prototipo de aplicación móvil usando la metodología Mobile-D para el monitoreo del estado de crecimiento del maíz amarillo.

4. Hipótesis

La aplicación móvil con realidad aumentada permite el monitoreo del estado de crecimiento del maíz amarillo del barrio Patután, considerando la altura y el diámetro del tallo de la planta.

FORMULARIO

En las siguientes páginas usted evalúa el cuestionario para poder validarlo.

En las respuestas de las escalas tipo Likert, por favor, marque con una X la respuesta escogida de entre las seis opciones que se presentan en los casilleros, siendo:

- 1 = Total desacuerdo
- 2 = En desacuerdo
- 3 = Algo en desacuerdo
- 4 = Un poco de acuerdo
- 5 = De acuerdo
- 6 = Muy de acuerdo

Pregunta n.º 1

Indique su grado de acuerdo frente a las siguientes afirmaciones: (1 = Total desacuerdo; 2 = En desacuerdo; 3 = Algo en desacuerdo; 4 = Un poco de acuerdo; 5 = De acuerdo; 6 = Muy de acuerdo)	Grado de acuerdo					
	1	2	3	4	5	6
¿Cree usted que el monitoreo del crecimiento de la planta de maíz es importante?						✓
Observaciones y recomendaciones en relación a la pregunta n.º 1:						
Motivos por los que se considera no adecuada						
Motivos por los que se considera no pertinente						
Propuestas de mejora (modificación, sustitución o supresión)						

Pregunta n.º 2

Indique su grado de acuerdo frente a las siguientes afirmaciones: (1 = Total desacuerdo; 2 = En desacuerdo; 3 = Algo en desacuerdo; 4 = Un poco de acuerdo; 5 = De acuerdo; 6 = Muy de acuerdo)	Grado de acuerdo					
	1	2	3	4	5	6
¿Considera usted que las Tecnologías de la información y comunicación benefician al área de la agronomía?						✓
Observaciones y recomendaciones en relación a la pregunta n.º 2:						
Motivos por los que se considera no adecuada						
Motivos por los que se considera no pertinente						
Propuestas de mejora (modificación, sustitución o supresión)						

Pregunta n.º 3

Indique su grado de acuerdo frente a las siguientes afirmaciones: (1 = Total desacuerdo; 2 = En desacuerdo; 3 = Algo en desacuerdo; 4 = Un poco de acuerdo; 5 = De acuerdo; 6 = Muy de acuerdo)	Grado de acuerdo					
	1	2	3	4	5	6
¿La aplicación permite medir la altura del tallo de la planta de maíz?						✓
Observaciones y recomendaciones en relación a la pregunta n.º 3:						
Motivos por los que se considera no adecuada						
Motivos por los que se considera no pertinente						
Propuestas de mejora (modificación, sustitución o supresión)	SE DEBE SERIDUA. QUE NO ES CON EXACTITUD					

Pregunta n.º 4

Indique su grado de acuerdo frente a las siguientes afirmaciones: (1 = Total desacuerdo; 2 = En desacuerdo; 3 = Algo en desacuerdo; 4 = Un poco de acuerdo; 5 = De acuerdo; 6 = Muy de acuerdo)		Grado de acuerdo					
		1	2	3	4	5	6
¿La aplicación es capaz de medir el diámetro del tallo de la planta de maíz?						<input checked="" type="checkbox"/>	
Observaciones y recomendaciones en relación a la pregunta n.º 4:							
Motivos por los que se considera no adecuada							
Motivos por los que se considera no pertinente							
Propuestas de mejora (modificación, sustitución o supresión)	SE DEBERIA INCLUIR QUE ES UN ESTADO						

Pregunta n.º 5

Indique su grado de acuerdo frente a las siguientes afirmaciones: (1 = Total desacuerdo; 2 = En desacuerdo; 3 = Algo en desacuerdo; 4 = Un poco de acuerdo; 5 = De acuerdo; 6 = Muy de acuerdo)		Grado de acuerdo					
		1	2	3	4	5	6
¿La aplicación determina el estado del maíz?					<input checked="" type="checkbox"/>		
Observaciones y recomendaciones en relación a la pregunta n.º 5:							
Motivos por los que se considera no adecuada							
Motivos por los que se considera no pertinente							
Propuestas de mejora (modificación, sustitución o supresión)	QUE TIPO DE ESTADO - ESTADO FENOLÓGICO						


Pregunta n.º 6

Indique su grado de acuerdo frente a las siguientes afirmaciones: (1 = Total desacuerdo; 2 = En desacuerdo; 3 = Algo en desacuerdo; 4 = Un poco de acuerdo; 5 = De acuerdo; 6 = Muy de acuerdo)		Grado de acuerdo					
		1	2	3	4	5	6
¿Considera usted que la aplicación permite realizar las mediciones de altura y diámetro de tallo de forma fácil?						<input checked="" type="checkbox"/>	
Observaciones y recomendaciones en relación a la pregunta n.º 6:							
Motivos por los que se considera no adecuada							
Motivos por los que se considera no pertinente							
Propuestas de mejora (modificación, sustitución o supresión)							

Pregunta n.º 7

Indique su grado de acuerdo frente a las siguientes afirmaciones: (1 = Total desacuerdo; 2 = En desacuerdo; 3 = Algo en desacuerdo; 4 = Un poco de acuerdo; 5 = De acuerdo; 6 = Muy de acuerdo)		Grado de acuerdo					
		1	2	3	4	5	6
¿Considera usted que la aplicación ayuda en las labores de campo de los agricultores?					/		
Observaciones y recomendaciones en relación a la pregunta n.º 7:							
Motivos por los que se considera no adecuada							
Motivos por los que se considera no pertinente	AYUDAR A PURIFICAR LAS URBES.						
Propuestas de mejora (modificación, sustitución o supresión)							

Identificación del experto

Nombre y apellidos	Francisco Hernán Chancusig
Filiación (ocupación, grado académico y lugar de trabajo):	Ing. Agrónomo. Magister en Agricultura Sostenible – Magister en Educación y Desarrollo Social – Docente Universitario de Grado y Posgrado – Universidad Técnica de Cotopaxi
e-mail	Francisco.chancusig@utc.edu.ec
Teléfono o celular	0992742266
Fecha de la validación (día, mes y año):	
Firma	 050188392-0

Muchas gracias por su valiosa contribución a la validación de este cuestionario.

8.6 ANEXO: HOJAS DE VIDA DE LOS INVESTIGADORES

HOJA DE VIDA

Bryan Stalin Llumiyinga Añarumba

Edad :22 Años

Dirección: Ecuador/Latacunga/Barrio Patután

Tel: 0995871018



ESTUDIOS

Año: 2003-2007

Quito - Ecuador

Escuela “3 de Diciembre “

Año: 2007-2010

Título: Primaria

Latacunga - Ecuador

Escuela “Ana Páez “

Año: 2016

Título: Bachiller en servicios informáticos

Latacunga - Ecuador

Colegio: “Primero De Abril “

Año: 2019-2020

Título: Conductor Profesional Licencia tipo “C”

Latacunga - Ecuador

Escuela: “Sindicato de Choferes Profesionales de Cotopaxi “

HOJA DE VIDA

Leslie Isela Tocagon Espinosa

Edad :22 Años

Dirección: Ecuador/Imbabura/Otavaló

Tel: 0960005361



ESTUDIOS

Año: 2003-2010

Título: Primaria

Otavaló - Ecuador

Escuela “Juan Montalvo”

Año: 2010-2016

Título: Bachiller en ciencias

Otavaló - Ecuador

Colegio: “Otavaló”

Latacunga – Ecuador

Colegio: “Otto Arosemena Gómez”

Latacunga – Ecuador

Colegio: “Luis Fernando Ruiz”

Otavaló - Ecuador

Colegio: “Otavaló”